

FREDY ESTUPIÑÁN CARRANZA

**COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DO PROCESSAMENTO  
PARCIAL DE DADOS DA REDE SIRGAS, USANDO  
EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS,  
UTILIZANDO O PROGRAMA GEONAP**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1997

**"COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DO  
PROCESSAMENTO PARCIAL DE DADOS DA  
REDE SIRGAS (SISTEMA DE REFERÊNCIA  
GEOCÊNTRICO PARA A AMÉRICA DO SUL),  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS  
UTILIZANDO O PROGRAMA GEONAP "**


**POR**

**FREDY ESTUPIÑÁN CARRANZA**

Dissertação aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

  
Prof.ª Dr.ª CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER - Presidente

  
Prof. Dr. MILTON DE AZEVEDO CAMPOS - Orientador

  
Eng. LUIZ PAULO SOUTO FORTES- Membro

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que colaboraram para a realização deste Trabalho, os professores responsáveis pelo Laboratório de Geodesia Espacial da Universidade Federal do Paraná, os professores e colegas do Curso de pós-graduação em Ciências Geodésicas, e em especial ao professor Dr. Milton de Azevedo Campos pela orientação, à Dra. Claudia Pereira Krueger e Eng. Luiz Paulo Souto Fortes pela revisão final, e ao colega Eng. Hilton Aron por toda a ajuda no processamento dos dados.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha esposa Marina pelo sacrifício, companheirismo e amor, a minha filha Maria Manuela pela alegria, aos meus Pais e irmãos que mesmos distantes sempre estão presentes, e aos meus Sogros pelo carinho.



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
Introdução .....	01
1 Sistemas Geodésicos de Referência.....	03
1.1 Sistema Geodésico Brasileiro .....	05
1.1.1 Definição do Sistema Geodésico Brasileiro.....	05
1.1.2 Caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro .....	05
1.2 WGS-84 (World Geodetic System 1984) .....	06
1.2.1 Sistema de Referência WGS-84.....	06
1.2.1.1 Relações matemáticas entre o CIS, ITS, e o CTS .....	09
1.2.2 O Elipsoide WGS-84 .....	09
1.2.2.1 Definição de parâmetros.....	10
1.2.2.1.1 Semi-eixo maior (a).....	10
1.2.2.1.2 Constante Gravitacional Terrestre (GM).....	10
1.2.2.1.2.1 GM (Com Atmosfera Terrestre Incluída) .....	10
1.2.2.1.2.2 $GM_A$ Da Atmosfera Terrestre.....	10
1.2.2.1.2.3 GM Excluindo Atmosfera Terrestre (GM').....	11
1.2.2.1.3 Coeficiente da Zonal Gravitacional de segundo grau Normalizada ( $C_{2,0}$ ).....	11
1.2.2.1.4 Velocidade Angular da Terra ( $\omega$ ).....	11
1.2.2.2 Dedução de Constantes Físicas e Geométricas.....	15
1.2.3 Fórmula da gravidade Teórica .....	18
1.2.3.1 Forma Geral.....	18
1.2.3.2 Forma Analítica e Numérica.....	19

1.2.4 Modelo Gravitacional da Terra do WGS-84 .....	20
1.2.5 O Geoide (WGS-84) .....	22
1.2.5.1 Formulas e representação do Geoide WGS-84.....	22
1.3 Sistema Referencial Terrestre ITRS .....	25
1.3.1 Implementação do Sistema de Referência ITRF .....	27
2 Sistema NAVSTAR-GPS.....	29
2.1 Introdução.....	29
2.2 Objetivos do Sistema.....	29
2.3 Características do Sistema NAVSTAR-GPS.....	30
2.4 Segmentos do Sistema .....	30
2.4.1 Segmento Espacial.....	30
2.4.1.1 Bloco I.....	32
2.4.1.2 Bloco II.....	32
2.4.1.3 Bloco IIR.....	32
2.4.2 Segmento de Controle .....	34
2.4.3 Segmento dos Usuários.....	35
2.5 Propagação do erro orbital na precisão da determinação das bases Geodésicas .....	36
3. Programa GEONAP.....	38
3.1 Introdução.....	38
3.2 Características principais do GEONAP.....	38
3.3 Processamento de dados com o GEONAP.....	39
3.3.1 Transformação dos dados brutos dos formato RINEX.....	41
3.3.1.1 Arquivos de dados RINEX.....	42
3.3.1.1.1 Arquivo de observação.....	44
3.3.1.1.1.1 Instante de observação.....	44
3.3.1.1.1.2 Pseudo distância.....	44
3.3.1.1.1.3 Face da portadora.....	45
3.3.1.1.1.4 Desvio Doppler.....	45
3.3.1.1.2 Arquivo de efemérides ou dados de navegação.....	47
3.3.2 Processamento dos dados de navegação.....	49
3.3.3 Processamento dos dados de uma estação.....	50

3.3.4 Processamento dos dados de cada sessão.....	51
3.3.5 Ajustamento da rede.....	52
3.4 Parâmetros de monitoração do processamento de dados GEONAP.....	55
3.4.1 $\Sigma_0$ .....	55
3.4.2 Kontrast .....	55
3.5 Arquivos do banco de dados GEONAP.....	56
3.5.1 Regulamentos definidos.....	56
3.5.2 Sintaxe dos Arquivos.....	57
3.5.3 Sufixos dos arquivos.....	57
3.6 Arquivos com formato interno GEONAP.....	63
3.6.1 Formato do arquivo solução.....	64
3.6.2 Formato do arquivo ambigüidade.....	66
3.7 Estrutura dos comandos GEONAP.....	67
4. Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul...	68
4.1 Objetivos.....	69
4.2 Estrutura do Projeto .....	69
4.2.1 Grupo de Trabalho I - Sistema de Referência .....	70
4.2.1.1 Número de Estações, Países e Instituições participantes.....	70
4.2.1.2 Tipo de receptores empregados na campanha .....	71
4.2.1.3 Processamento dos dados.....	71
4.2.2 Grupo de Trabalho II - Datum Geocêntrico.....	74
5. Planejamento do Projeto.....	75
5.1 Introdução.....	75
5.2 Escolha das estações e dias a serem processados.....	76
5.3 Obtenção dos dados da campanha.....	77
5.4 Objetivos deste trabalho.....	77
6. Processamento e análise dos resultados.....	78
6.1 Processamento dos dados.....	78
6.1.1 Considerações em relação ao processamento dos dados...	79
6.1.1.1 Sistema de referência.....	79

6.1.1.2 Seleção das estações definidoras do Sistema.....	79
6.1.1.3 Exclusão de estações no processamento.....	79
6.1.1.4 Sub-redes por instrumentos.....	79
6.1.1.5 Síntese dos passos seguidos no processamento.....	81
6.2 Analise dos resultados.....	83
7. Conclusões .....	95
ANEXO 01 - Parâmetros do sistema de programas GEONAP.....	97
ANEXO 02 - Aplicativo RINEX.....	106
ANEXO 03 - Exemplo de seqüência de programas GEONAP usados no processamento das estações SIRGAS ..	110
ANEXO 04 - Arquivos criados pelo programa GEONAP usando efemérides transmitidas.....	112
ANEXO 4.1 - Arquivo do dia 147 criado pelo programa GEONAP usando efemérides transmitidas.....	113
ANEXO 4.2 - Arquivo do dia 149 criado pelo programa GEONAP usando efemérides transmitidas.....	116
ANEXO 4.3 - Arquivo do dia 151 criado pelo programa GEONAP usando efemérides transmitidas.....	119
ANEXO 05 - Arquivos criados pelo programa GEONAP usando efemérides precisas.....	122
ANEXO 5.1 - Arquivo do dia 147 criado pelo programa GEONAP usando efemérides precisas.....	123
ANEXO 5.2 - Arquivo do dia 149 criado pelo programa GEONAP usando efemérides precisas.....	126
ANEXO 5.3 - Arquivo do dia 151 criado pelo programa GEONAP usando efemérides precisas.....	129
ANEXO 06 - Arquivo solução do ajustamento geral da Rede SIRGAS.....	132
Referências Bibliográficas.....	140

## LISTA DE FIGURAS

01 - Sistema de coordenadas WGS-84.....	08
02 - Carta Mundial de alturas Geoidais.....	24
03 - Exatidão das diferentes técnicas geodésicas de posicionamento na determinação de posições relativas...	26
04 - Locais ITRF-94.....	28
05 - Configuração orbital do <i>Global Positioning System (GPS)</i> .....	31
06 - Fluxograma do processamento GEONAP.....	40
07 - Estações observadas na campanha SIRGAS'95.....	72
08 - Estações SIRGAS processadas .....	80
09 - Diferenças em latitude e longitude usando efemérides precisas e transmitidas no dia 147.....	86
10 - Diferenças em altitude geométrica usando efemérides precisas e transmitidas no dia 147.....	86
11 - Diferenças em latitude e longitude usando efemérides precisas e transmitidas no dia 149.....	88
12 - Diferenças em altitude geométrica usando efemérides precisas e transmitidas no dia 149.....	88
13 - Diferenças em latitude e longitude usando efemérides precisas e transmitidas no dia 151.....	90
14 - Diferenças em altitude geométrica usando efemérides precisas e transmitidas no dia 151.....	90
15 - Gráfico referente a magnitude do vetor erro.....	92

## LISTA DE QUADROS

01 - Constelação do Sistema GPS (1996) .....	33
02 - Arquivo de dados de observação no formato RINEX versão 2.0 correspondente ao dia 29/05/95 ou dia 149...	46
03 - Efemérides ou dados de navegação correspondentes ao dia 31/05/95 ou dia 151.....	48
04 - Seqüências do processamento GEONAP.....	54
05 - Arquivo do banco de dados GEONAP bra.sta.....	58
06 - Arquivo do banco de dados GEONAP bra.obs.....	59
07 - Arquivo do banco de dados GEONAP gps.ant.....	60
08 - Arquivo do banco de dados GEONAP gps.ant (continuação) .....	61
09 - Arquivo do banco de dados GEONAP gps.rcv.....	62
10 - Estações SIRGAS.....	73
11 - Estações da Rede SIRGAS processadas.....	78
12 - Resultado do ajustamento geral das estações Brasileiras da Rede SIRGAS expresso em Coordenadas Cartesianas Geocêntricas ITRF-94 .....	93
13 - Resultado do ajustamento geral das estações Brasileiras da Rede SIRGAS expresso em Coordenadas Geodésicas ITRF-94 .....	94

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

$\omega$	Velocidade Angular da Terra
a	Semi eixo maior do elipsóide
b	Semi eixo menor do elipsoide
BIH	<i>Bureau International de l"Heure</i>
c	Velocidade da luz no vácuo
C/A	<i>Coarse Acquisition Code</i>
CIO	<i>Conventional International Origin</i>
CIS	Sistema Convencional Inercial
CTP	Polo Convencional Terrestre
CTS	Sistema Convencional Terrestre
DMA	Agencia Cartográfica do Departamento de defesa dos Estados Unidos da América
DORIS	<i>Doppler Orbit Determinations and Radioposytioning</i>
e	Primeira excentricidade do elipsóide
EUA	Estados Unidos da América
f	Achatamento do elipsóide
G	Constante de Gravitação Universal
GEONAP	<i>Geodetic Navstar Positioning</i>
GM	Constante Gravitacional Terrestre
GNPNET	<i>Geodetic Navstar Positioning Network</i>
GNSNGL	<i>Geodetic Navstar Single</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GRS-80	<i>Geodetic Reference System 1980</i>
H	Elipticidade Dinâmica
IAG	Associação Internacional de Geodésia
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IERS	<i>International Earth Rotation Service</i>

IFE	<i>Institut fuer Erdmessung</i>
IPGH	Instituto Panamericano de Geografia e História
ITRF	<i>IERS Terrestrial Reference Frame International</i>
ITRS	<i>IERS Terrestrial Reference System</i>
ITS	Sistema Terrestre Instantâneo
IUGG	União Geodésica e Geofísica Internacional
L1	Portadora L1
L2	Portadora L2
LLR	<i>Lunar Laser Ranging</i>
M	Massa da Terra
MCS	<i>Master Control Stations</i>
N	Altura Geoidal
NAVSTAR	<i>Navigation System with Time and Ranging</i>
NNSS	<i>Navy Navigation Satellite System</i>
P	Código preciso
PD	Pseudo Distância
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RIMSRT	<i>Rinex Message Sort</i>
RINEX	<i>Receiver Independent Exchange Format</i>
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SGR-67	Sistema geodésico de Referência 1967
SLR	<i>Satellite Laser Ranging</i>
SSC	<i>Set of Stations Coordinates</i>
VLBI	<i>Very Long Baseline Interferometry</i>
WGS-84	<i>World Geodetic System 1984</i>
FK5	<i>Fundamental Katalog Nr 5</i>



## LISTA DE TABELAS

01 - Parâmetros definidores do Elipsóide WGS-84 .....	14
02 - Constantes Geométricas do Elipsoide WGS-84.....	16
03 - Constantes Físicas do Elipsoide WGS-84.....	17
04 - Forma do modelo Gravitacional Terrestre WGS-84.....	21
05 - Relação entre comprimentos das bases e erros orbitais admissíveis para precisão de 1cm.....	37
06 - Relação entre a precisão desejada e o erro orbital admissível.....	37
07 - Coordenadas Geodésicas WGS-84 das estações Fiduciais e da estação Paraná .....	85
08 - Coordenadas Geodésicas ITRF-94 das estações SIRGAS obtidas do processamento dos dados do dia 147 usando efemérides precisas .....	85
09 - Coordenadas Geodésicas WGS-84 das estações SIRGAS obtidas do processamento dos dados do dia 147 usando efemérides transmitidas .....	85
10 - Coordenadas Geodésicas ITRF-94 das estações SIRGAS obtidas do processamento dos dados do dia 147 usando efemérides precisas .....	87
11 - Coordenadas Geodésicas WGS-84 das estações SIRGAS obtidas do processamento dos dados do dia 147 usando efemérides transmitidas .....	87
12 - Coordenadas Geodésicas ITRF-94 das estações SIRGAS obtidas do processamento dos dados do dia 147 usando efemérides precisas .....	89
13 - Coordenadas Geodésicas WGS-84 das estações SIRGAS obtidas do processamento dos dados do dia 147 usando efemérides transmitidas .....	89
14 - Magnitude do vector erro .....	91

## **RESUMO**

Este trabalho de Dissertação descreve e analisa os resultados do processamento das estações brasileiras da Rede de Referência SIRGAS utilizando o programa GEONAP. Compara a precisão do processamento dessa rede utilizando efemérides transmitidas em relação ao processamento usando efemérides precisas e analisa as diferenças das atuais coordenadas geodésicas WGS-84 da estação Paraná que faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), quando comparadas com as mesmas obtidas pelo ajustamento da Rede SIRGAS realizado neste trabalho.

## ABSTRACT

This dissertation describes and analyzes the processing results of the SIRGAS reference network's Brazilian stations, utilizing the scientific program GEONAP, compares the processing precision of SIRGAS network using broadcast ephemerides, in relation to the processing of this network using precise ephemerides, it also analyzes the differences of the present WGS-84 geodetic coordinates of the Parana station which belongs to Brazilian network for Continuous Monitoring of GPS (RBMC) when compared with the same coordinates obtained from the SIRGAS network adjustment carried out in this work.

## INTRODUÇÃO

A Associação Internacional de Geodésia - IAG, o Instituto Panamericano de Geografia e História - IPGH e agência Cartográfica do Departamento de Defesa dos EUA - DMA foram os patrocinadores da Conferência Internacional para a Definição de um Datum Geocêntrico para América do Sul, ocorrida de 04 ao 07 de outubro de 1993 em Assunção, Paraguai, foi então criado o Projeto SIRGAS, projeto este que engloba o conjunto de atividades necessárias à adoção no continente de uma rede geodésica de referência de precisão compatível com o Sistema de Posicionamento Global GPS, dentre outros objetivos(SIRGAS,1994a).

O Grupo de Trabalho I do projeto SIRGAS “Sistema de Referência”, coordenou a realização da campanha GPS no período de 26 de maio a 04 de junho de 1995. A Universidade Federal do Paraná, dentro do convênio de cooperação técnica Brasil-Alemanha e através do Curso de pós-graduação em Ciências Geodésicas, participa ativamente deste projeto e entre outras tarefas propôs processar parcialmente os dados desta campanha utilizando o pacote de programas GEONAP.

Este projeto de pesquisa tem, como objetivo principal, a comparação da precisão dos resultados no processamento parcial dos dados desta campanha com o programa GEONAP, usando efemérides precisas e efemérides transmitidas.

O Capítulo primeiro trata dos sistemas geodésicos de referência descrevendo o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), o WGS-84 (*World Geodetic System 1984*), e o Sistema de Referência Terrestre ITRF (*IERS Terrestrial Reference System*), que são os três sistemas utilizados neste trabalho de pesquisa.

No Capítulo segundo é abordado o sistema NAVSTAR-GPS, a estrutura e funcionamento deste Sistema de Posicionamento Global que vem revolucionando a ciência geodésica.

No terceiro Capítulo é apresentado o programa GEONAP que foi o programa utilizado neste trabalho.

O quarto Capítulo descreve o Projeto SIRGAS, tipo de receptores geodésicos utilizados, instituições e países participantes do projeto.

No Capítulo quinto é apresentado o planejamento deste trabalho e o método seguido no processamento de dados usando o programa GEONAP, também os critérios adotados na escolha das estações a serem processadas.

O sexto Capítulo mostra o processamento dos dados e análises dos resultados utilizando efemérides precisas e transmitidas.

Por ultimo no sétimo capítulo é descrito as principais conclusões derivadas deste trabalho.

## 1. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Seja para estudar as formas e dimensões da terra, seja para dar apoio aos trabalhos práticos de mapeamento, a Geodésia procura materializar sobre a superfície física do Planeta, uma estrutura de pontos fundamentais, cujas coordenadas são determinadas rigorosamente. Para isto, o primeiro passo é adotar um modelo matemático que melhor represente a superfície física da terra e que se preste ao tratamento matemático dela.

Foi Newton no final do século XVII, com suas especulações teóricas sobre a forma de equilíbrio de uma massa líquida isolada no espaço, submetida à ação da gravidade (atração e força centrífuga), que postulou a forma elipsoidal para o modelo da terra, abrindo o caminho para a era elipsoidal. Mas só a partir das expedições francesas para medir um arco de Meridiano próximo do Equador e outro próximo ao Circulo Ártico, patrocinados pela Academia de Ciências de Paris para dirimir a dúvida ocasionada pelo trabalho de Cassini em 1718, é que se verificou o achatamento polar e a conseqüente confirmação das idéias de Newton. O trabalho de Cassini chamado "De la Grandeur et de la figure de la Terra" versando sobre a primeira medida do meridiano da França, levou-o a acreditar que o comprimento de um arco de meridiano decresce com o aumento da latitude em contraposição ao postulado de Newton. Desde então o modelo geralmente utilizado na Geodésia é o elipsóide de revolução biaxial (GEMAEL, 1984).

Resumindo pode-se dizer que Sistema Geodésico de Referência é o referencial no qual serão calculadas as coordenadas geodésicas. Na prática os parâmetros definidores de um elipsóide de referência e seus parâmetros de fixação no espaço constituem um sistema geodésico **DEFINIDO**. Por outro lado o conjunto de estações geodésicas implantadas e materializadas na superfície física da terra, determinadas por procedimentos operacionais e com

coordenadas calculadas num modelo geodésico, constituem o sistema geodésico **MATERIALIZADO** (ANDRADE, 1989).

Um sistema de coordenadas apropriado e bem definido é essencial para descrever o movimento do satélite, a modelação das observações e a representação e interpretação dos resultados. O incremento em exatidão das muitas técnicas em observações de satélites precisam do correspondente incremento em exatidão dos Sistemas de Referência.

O sistema de coordenadas referenciais na Geodésia por Satélites ou Geodésia Celeste são globais e geocêntricos por natureza, uma vez que o movimento dos satélites está referenciado ao centro de massa da Terra. Medições terrestres são por natureza de carácter local e usualmente descritos em sistemas de referência locais, por isto dois sistemas são sempre necessários:

- Um Espaço-Fixo, Sistema Inercial Convencional (CIS) para a descrição do movimento do Satélite.
- Uma Terra-Fixa, Sistema Terrestre Convencional (CTS) para posicionar as estações de observação e descrever os resultados a partir da Geodesia por satélites.

A seguir descreve-se três sistemas referenciais, o SGB, WGS-84 e ITRF-94, cada um deles mais preciso que o anterior respectivamente, com o intuito de visualizar a importância no continente de uma rede de referência de precisão compatível com as técnicas atuais de posicionamento, notadamente associadas ao Sistema de Posicionamento Global (GPS).

## 1.1 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

### 1.1.1 DEFINIÇÃO DO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país (IBGE,1983).

### 1.1.2 CARACTERIZAÇÃO DO SGB

Para o Sistema Geodésico Brasileiro, a figura geométrica da terra é definida pelo Sistema Geodésico de Referência 1967 (SGR-67).

O referencial altimétrico coincide com a superfície equipotencial passante pelo Zero do marégrafo de Imbituba no litoral do Estado de Santa Catarina.

O SGB é uma materialização do SAD-69, definido a partir dos parâmetros (CAMPOS,1987):

- $a$  (semi-eixo maior do elipsóide)=6378160,000m
- $f$  (achatamento do elipsóide) =1/298,25
- A sua orientação é geocêntrica com o eixo de rotação paralelo ao eixo médio terrestre com sentido positivo para o CIO (*Conventional International Origin*).
- Plano meridiano origem paralelo ao plano meridiano de Greenwich, como definido pelo BIH (*Bureau International de l'Heure*).
- Ele possui uma orientação topocêntrica com ponto origem no vértice de Chuá da cadeia de triangulação do paralelo 20° S cujas coordenadas são:
  - $\phi_a$  (latitude astronômica)=19°45'41,34"S + 0,05",
  - $\lambda_a$  (longitude astronômica)=48°06'07,80"W + 0,08",



$A_a$  (azimute astronômico)= $271^{\circ}30'05,42''$ (Direção Chuá-Uberaba),  
 $\phi_g$  (latitude geodésica)= $19^{\circ}45'41,6527''$ S,  
 $\lambda_g$  (longitude geodésica)= $48^{\circ}06'04,0639''$ W,  
 $A_g$  (azimute geodésico)= $271^{\circ}30'04,05''$ (Direção Chuá-Uberaba),  
 $\eta$  (componente normal do desvio da vertical)= 0,31,  
 $\xi$  (componente meridiana do desvio da vertical)=-3,52, e  
 $N$  (ondulação geoidal)= 0,0m.

## 1.2 WGS-84 (WORLD GEODETIC SYSTEM 1984)

O DMA (Defense Mapping Agency) ciente da complicação que representa os produtos geodésicos (mapas, cartas, etc.) estar definidos em datums regionais ou locais variados, constatou a necessidade de simplificar este problema, estudando um sistema de referência comum e mundial para referenciar todos estes produtos geodésicos. Por isto, com esta necessidade em mente, o DMA tem trabalhado arduamente desde 1960 no desenvolvimento do World Geodetic System (WGS), conseguindo definir os sistemas WGA-60, WGS-66, WGS-72, e WGS-84, cada um sucessivamente mais preciso que o outro. O WGS-84, que é o ultimo desenvolvido, representa o mais alto grau de avanço científico no que se refere às formas, dimensões e campo gravífico terrestre (WHITE,1989).

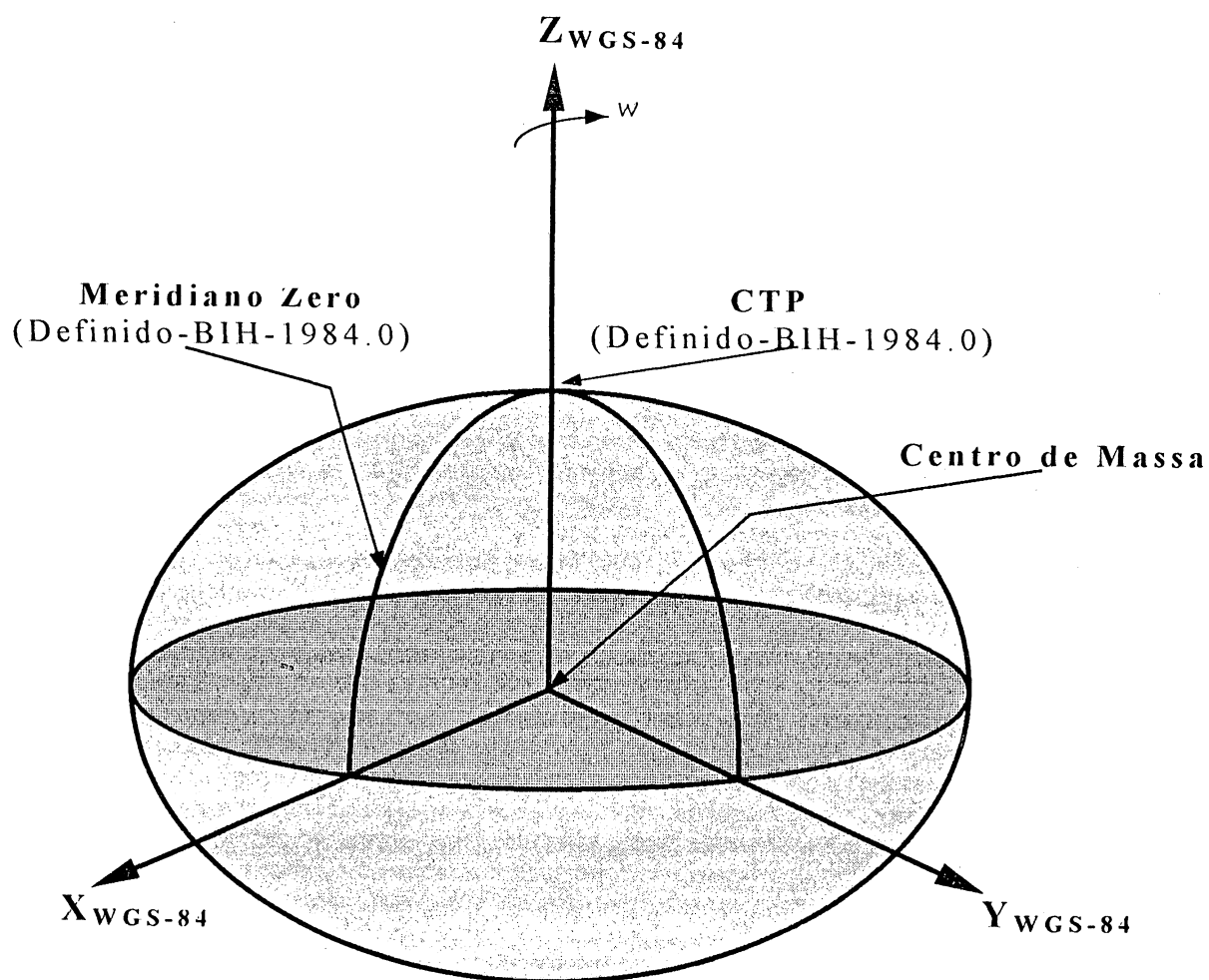
### 1.2.1 O SISTEMA DE REFERÊNCIA WGS-84

O sistema referencial WGS-84 é um sistema terrestre convencional (CTS), realizado a partir da modificação do sistema referencial *Navy Navigation Satellite System Doppler Reference Frame* (NSWC 9Z-2) usado pelo NNSS (*Navy Navigation Satellite System*) também conhecido por TRANSIT (WHITE,1989).

Analogamente à definição do CTS pelo BIH, a origem do Sistema de Coordenadas WGS-84 é o centro de massa da Terra; o eixo Z é paralelo à direção do Polo Convencional Terrestre (CTP) para o movimento polar, como definido pelo BIH nas bases das coordenadas adotadas pelas estações BIH; o eixo X está definido pela interseção do plano do meridiano referencial do WGS-84 e o plano do Equador, o meridiano referencial é paralelo ao meridiano Zero definido pelo BIH nas bases das coordenadas adotadas pelas estações BIH; e o eixo Y fica definido girando o eixo X sobre o plano do equador no sentido anti-horário (E) em um ângulo de  $90^\circ$ .

A origem e os eixos do Sistema de Coordenadas WGS-84, também servem como o centro geométrico e eixos X, Y, e Z do elipsóide WGS-84, deste modo o eixo Z do Sistema de coordenadas do WGS-84 é o eixo de rotação do elipsóide WGS-84.

O sistema de coordenadas WGS-84 (Sistema Referencial) é o referencial da rotação terrestre padrão numa razão constante ao redor do Polo Médio Astronômico (o CTP). Embora o universo esteja em movimento, eventos instantâneos ocorrem no mundo, portanto o sistema de coordenadas WGS-84 (CTS) pode ser relacionado matematicamente a um Sistema Terrestre Instantâneo (ITS) e a um Sistema Convencional Inercial (CIS).

**FIGURA 01 - SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84**

FONTE: *Department of Defense World Geodetic System 1984 Its definition and Relationships With Local Geodetic System - DMA*

### 1.2.1.1 RELAÇÃO MATEMÁTICA ENTRE O CIS, ITS E O SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84 (CTS)

A relação matemática entre o Sistema Convencional Inercial, o Sistema Instantâneo Terrestre e o Sistema de Coordenadas do WGS-84 (definido como Sistema Convencional Terrestre pelo BIH) pode ser expressada pela relação (WHITE, 1989):

$$\text{CTS} = [\text{A}] [\text{B}] [\text{C}] [\text{D}] \text{CIS} \quad (1.1)$$

Na equação (1.1), a rotação de matrizes para a rotação da Terra (A), o tempo sideral (B), a nutação astronômica (C) e a precessão (D) fornecem a relação entre o CIS, definido pelo Sistema Referencial FK5 para a época J2000,0 e o Sistema de Coordenadas WGS-84 (definido como CTS<sup>1</sup> pelo BIH).

### 1.2.2 O ELIPSÓIDE WGS-84

Em aplicações geodésicas, três superfícies diferentes são normalmente usadas. A primeira que se refere à superfície física ou natural da terra, a segunda que é a superfície referencial geométrica ou matemática, e a terceira que é uma superfície equipotencial chamada Geóide. Na determinação do elipsóide WGS-84 e seus parâmetros associados, o comitê de desenvolvimento WGS-84, mantendo as diretrizes do DMA, decidiu prontamente aderir às idéias e abordagens usadas pela União Geodésica e Geofísica Internacional (IUGG) quando foi estabelecido e adotado o *Geodetic Reference System 1980* (GRS 1980). Por conseguinte o elipsóide equipotencial geocêntrico de revolução do WGS-84 tem a forma dada a partir do elipsóide GRS-80.

---

<sup>1</sup> CTS também conhecido por ECEF (*Earth Centered Earth fixed System*)

### 1.2.2.1 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS

#### 1.2.2.1.1 SEMI-EIXO MAIOR (a)

Semi-eixo maior (a) foi selecionado como um dos parâmetros definidores do elipsóide WGS-84, os valores adotados e exatidão aproximada (um sigma) são (WHITE,1989):

$$a = (6378137 \pm 2)\text{metros} \quad (1.2)$$

#### 1.2.2.1.2 CONSTANTE GRAVITACIONAL TERRESTRE (GM)

##### 1.2.2.1.2.1 GM (COM ATMOSFERA TERRESTRE INCLUÍDA)

Os valores para a Constante Gravitacional Terrestre adotada como um dos quatro parâmetros definidores do elipsóide WGS-84 estimado com exatidão de um sigma são:

$$GM = (3986005 \pm 0,6) \times 10^8 \text{ m}^3\text{s}^{-2} \quad (1.3)$$

##### 1.2.2.1.2.2 $GM_A$ DA ATMOSFERA TERRESTRE

Para algumas aplicações é necessário fornecer os valores da GM terrestre, não incluindo os valores da massa da atmosfera terrestre. Por isto é necessário o conhecimento de ambos, da massa da atmosfera terrestre  $M_A$  e da constante de Gravitação Universal  $G$ .

Usando os valores recomendados para  $G$  pela Associação Internacional de Geodésia (IAG) e os valores mais recentes para  $M_A$ , os valores do produto  $GM_A$  com dois dígitos significativos são:

$$GM_A = (3,5 \pm 0,01) \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \quad (1.4)$$

#### 1.2.2.1.2.3 GM EXCLUINDO ATMOSFERA TERRESTRE ( $GM'$ )

A Constante Gravitacional Terrestre com a massa da atmosfera terrestre excluídas ( $GM'$ ), foi obtida subtraindo  $GM_A$ , equação (1.4), a partir de  $GM$ , equação (1.3).

$$GM' = (3986001,5 \pm 0.6) \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \quad (1.5)$$

#### 1.2.2.1.3 COEFICIENTE HARMÔNICO DO ZONAL DE SEGUNDO GRAU NORMALIZADO ( $\bar{C}_{2,0}$ )

Outro parâmetro definidor do elipsóide WGS-84 é o Coeficiente Harmônico do Zonal de segundo grau Normalizado,  $\bar{C}_{2,0}$ , estimado com exatidão de um sigma. Tem os seguintes valores:

$$\bar{C}_{2,0} = (-484,16685 \pm 0,00130) \times 10^{-6} \quad (1.6)$$

#### 1.2.2.1.4 VELOCIDADE ANGULAR DA TERRA ( $\omega$ )

O valor de  $\omega$  usado como um dos parâmetros definidores do elipsóide WGS-84 e do GRS-80 estimado com exatidão de um sigma é:

$$\omega = (7292115 \pm 0,1500 \times 10^{-11}) \text{radianos/segundos} \quad (1.7)$$

Este valor para a rotação padrão terrestre com velocidade angular constante é o valor adotado pela IAG para a velocidade angular da terra com flutuações de tempo. Embora para algumas aplicações geodésicas estas flutuações de tempo não são consideradas.

Apesar do valor de  $\omega$  ser adequado para usar com a terra padrão e elipsóide WGS-84, a União Astronômica Internacional (IAU) utiliza o valor ( $\omega'$ ):

$$\omega' = (7292115,1467 \times 10^{-11}) \text{radianos/segundos} \quad (1.8)$$

Para aplicações precisas com satélites, o valor do IAU para a velocidade angular terrestre ( $\omega'$ ), mais preciso que o  $\omega$ , poderá ser usado na fórmula:

$$\omega^* = \omega' + m \quad (1.9)$$

para obter a velocidade angular da terra num sistema referencial precessional ( $\omega^*$ ), onde:

$$m = (7,086 \times 10^{-12} + 4,3 \times 10^{-15} T_U) \text{radianos/segundos} \quad (1.10)$$

$$T_U = d_U / 36525 \quad (1.11)$$

$$d_U = JD - 2451545 \quad (1.12)$$

Significado das variáveis:

$\omega^*$  = Velocidade angular da terra num sistema referencial precessional,

$m$  = Nova razão de precessão em ascensão reta,

$T_U$  = Calendário Juliano para a época J2000.0, e

$d_U$  = Número de dias do Tempo Universal (UT) a partir do dia Juliano (JD) 2452545.0 UT1, tomando os valores de :  $\pm 0,5, \pm 1,5, \pm 2,5, \dots$

Portanto os valores da velocidade angular da terra num sistema referencial precessional, utilizados em aplicações precisas com satélites, podem ser escritos:

$$\omega^* = (7292115,8553 \times 10^{-11} + 4,3 \times 10^{-15} T_U) \text{radianos/segundos} \quad (1.13)$$



TABELA 01 - PARÂMETROS DEFINIDORES DO ELIPSÓIDE WGS-84

PARÂMETROS	NOTAÇÃO	MAGNITUDE	EXATIDÃO (1 $\sigma$ )
Semi-eixo Maior	$a$	6378137 m	$\pm 2$ m
Coefficiente Harmônico do Zonal de segundo grau Normalizado	$\bar{C}_{2,0}$	$-484,16685 \times 10^{-6}$	$\pm 1,30 \times 10^{-9}$
Velocidade Angular da Terra	$\omega$	$7292115 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$	$\pm 0,1500 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$
Constante Gravitacional da terra (Massa da terra com atmosfera inclusa)	GM	$3986005 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$	$\pm 0,6 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
VALORES DE PARÂMETROS PARA APLICAÇÕES ESPECIAIS			
Constante Gravitacional da terra (M.d.a terra com atmosfera não inclusa)	GM'	$3986001,5 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$	$\pm 0,6 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Velocidade Angular da terra num Sistema Referencial Precessional	$\omega^*$	$(7292115 \times 10^{-11} + 4,3 \times 10^{-15} T_U) \text{ rad s}^{-1}$	$\pm 0,1500 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$

FONTE: Department of Defense World Geodetic System 1984 Its definition and Relationships With Local Geodetic System - DMA

### 1.2.2.2 DEDUÇÃO DE CONSTANTES FÍSICAS E GEOMÉTRICAS

Muitos parâmetros associados ao elipsóide WGS-84 , que não são os quatro parâmetros definidores, são necessários para aplicações geodésicas e gravimétricas. Usando os quatro parâmetros definidores é possível deduzir estas constantes associadas. As constantes geométricas e físicas associadas ao elipsóide WGS-84 mais usadas estão relacionadas nas tabelas (02) e (03).

É necessário acrescentar duas outras importantes constantes, como parte integrante da definição do WGS-84, aos quatro parâmetros definidores do elipsóide para descrevê-lo e representá-lo geometricamente e gravimetricamente. Estas constantes são Velocidade da Luz (c) e Elípticidade Dinâmica (H).

O valor comumente aceito para a velocidade da luz no vácuo é:

$$c = (299792458 \pm 1,2) \text{ m/s} \quad (1.14)$$

Este valor é oficialmente reconhecido pelo IAG e IAU e tem sido adotado para ser usado com o WGS-84.

A Elípticidade dinâmica (H) é necessária para a determinação dos momentos principais de inércia terrestre, A, B e C. Na literatura H é conhecida como Elípticidade Dinâmica, Elípticidade Mecânica ou constante precessional. Ela é um fator que indica o valor teórico da razão da precessão dos equinócios.

Os valores da inversa de H adotados para serem usados com o WGS-84 são:

$$1/H = 305,4413 \pm 0,0005 \quad (1.15)$$

Valores da velocidade da luz no vácuo e da Elípticidade dinâmica adotadas para o uso com o WGS-84 são listadas na tabela

03, com outras constantes associadas ao WGS-84 usadas em aplicações especiais.

O valor do achatamento do elipsóide WGS-84 mostrado na tabela 02 é diferente ao achatamento do elipsóide GRS-80 devido que os valores do  $C_{2,0}$  foram obtidos a partir do  $J_2$  ( $J_2=J_{2,0}$ ).

**TABELA 02 - CONSTANTES GEOMÉTRICAS DO ELIPSÓIDE WGS-84**

CONSTANTES	NOTAÇÃO	MAGNITUDE
Achatamento	$f$	1/298,257223563
Semi-eixo menor	$b$	6356752,3142m
Primeira Excentricidade	$e$	0,0818191908426
Primeira Excentricidade ao quadrado	$e^2$	0,00669437999013
Segunda Excentricidade	$e'$	0,0820944379496
Segunda Excentricidade ao quadrado	$e'^2$	0,00673949674227
Excentricidade Linear	$E$	521854,0084m
Radio da curvatura Polar	$c$	6399593,6258m
Razão dos Eixos	$b/a$	0,996647189335
Radio meio do Semi-eixo	$R_1$	6371008,7714m
Radio da Esfera com área equivalente	$R_2$	6371007,1809m
Radio da Esfera com Volume equivalente	$R_3$	6371000,7900m

FONTE: *Department of Defense World Geodetic System 1984 Its definition and Relationships With Local Geodetic System - DMA*

TABELA 03 - CONSTANTES FÍSICAS DO ELIPSÓIDE WGS-84

CONSTANTES	NOTAÇÃO	MAGNITUDE
Velocidade da luz no Vácuo	<b>c</b>	299792458 m s <sup>-1</sup>
Elípticidade Dinâmica	<b>H</b>	1/305,4413
Potencial Gravitacional Normal do elipsóide	<b>U<sub>0</sub></b>	62636860,8497 m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
Gravidade Normal para o Equador (No elipsóide)	<b>γ<sub>e</sub></b>	9,7803267714 m s <sup>-2</sup>
Gravidade Normal para os Pólos (No elipsóide)	<b>γ<sub>p</sub></b>	9,8321863685 m s <sup>-2</sup>
Valor médio da Gravidade Normal	<b><math>\bar{\gamma}</math></b>	9,7976446561 m s <sup>-2</sup>
Constante da Gravidade Normal	<b>k</b>	0,00193185138639
Massa da Terra Incluindo a Atmosfera	<b>M</b>	5,9733328 x 10 <sup>24</sup> kg
$m = \omega^2 a^2 b / GM$	<b>m</b>	0,00344978600313

FONTE: *Department of Defense World Geodetic System 1984 Its definition and Relationships With Local Geodetic System - DMA*

### 1.2.3 FÓRMULA DA GRAVIDADE TEÓRICA DO ELIPSÓIDE WGS-84

#### 1.2.3.1 FORMA GERAL

Na seção 1.2.1 o elipsóide WGS-84 é definido como um geocêntrico e equipotencial elipsóide de revolução. Um elipsóide equipotencial é simplesmente um elipsóide definido como sendo uma superfície equipotencial, uma superfície na qual todos os valores do potencial da gravidade são iguais.

Dado um elipsóide de revolução, este poderá ser transformado numa superfície equipotencial de uma certa função potencial, o teórico potencial Gravitacional ( $U$ ). Este Potencial Gravitacional pode ser determinado unicamente, independente da distribuição da densidade no elipsóide, pelo uso de um sistema de quatro constantes independentes (definição dos parâmetros do elipsóide). Estas constantes são: Semi-eixo Maior ( $a$ ), Coeficiente Zonal Gravitacional Normal de segundo grau ( $C_{2,0}$ ), Velocidade Angular da terra ( $\omega$ ) e a Constante Gravitacional Terrestre ( $GM$ ).

A gravidade teórica ( $\gamma$ ), de gradiente ( $U$ ) é dada para a superfície de um elipsóide pela fórmula:

$$\gamma = (a \gamma_e \cos^2 \varphi + b \gamma_p \sin^2 \varphi) / (a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi)^{1/2} \quad (1.16)$$

onde:

$a, b$  = semi-eixos maior e menor do elipsóide respectivamente,

$\gamma_e, \gamma_p$  = gravidade teórica no equador e polos respectivamente e

$\varphi$  = latitude geodésica.

Deste modo, o elipsóide equipotencial não serve somente como uma superfície de referência ou uma figura geométrica da terra, porém conduz a fórmula para uma gravidade teórica de uma superfície equipotencial

### 1.2.3.2 FORMA ANALÍTICA E NUMÉRICA

A fórmula da Gravidade (1.17) tem sido seleccionada como a fórmula oficial da Gravidade Elipsoidal do WGS-84 (forma analítica). A equação (1.18) mostra sua forma numérica.

$$\gamma = \gamma_e ( 1 + k \text{sen}^2 \varphi ) / ( 1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi )^{1/2} \quad (1.17)$$

$$P1 = 978032,67714 ( 1 + 0,00193185138639 \text{sen}^2 \varphi ) \quad (1.18)$$

$$P2 = ( 1 - 0,00669437999013 \text{sen}^2 \varphi ) \quad (1.19)$$

$$\gamma = P1/P2 \text{ miligals} \quad (1.20)$$

Na Equação (1.17) temos:

$$k = (b\gamma_p/a\gamma_e) - 1$$

$$e^2 = \text{primeira excentricidade do elipsóide ao quadrado}$$

#### 1.2.4 MODELO GRAVITACIONAL DA TERRA WGS-84 (EGM)

A forma do WGS-84 EGM é uma expansão em harmônicos esféricos do potencial Gravitacional de grau 180 e ordem 180. O WGS-84 EGM é composto por 32755 coeficientes (WHITE,1989).

O WGS-84 EGM através de  $n=m=180$  é usado nos cálculos da altitude geoidal WGS-84, dos componentes de distúrbios (ou componentes da deflexão da vertical) da gravidade WGS-84, e das anomalias médias da gravidade WGS-84 via expansão em harmônicos esféricos. Expansão deste grau e ordem ( $n=m=180$ ) é necessária para alta exatidão no campo gravífico terrestre ou perto da superfície terrestre.

O WGS-84 EGM através de  $n=m=41$  é mais apropriado para cálculo e predição de órbitas de satélites. O uso de um grau alto e outros modelos para cada aplicação não é recomendado.

Não estão disponíveis os valores da exatidão para todos os coeficientes do WGS-84 EGM, embora a matriz variância covariância seja disponível para todos os coeficientes para  $n=m=41$ , determinada a partir do método dos mínimos quadrados.

**TABELA 04 - FORMA DO MODELO GRAVITACIONAL  
TERRESTRE WGS-84**

$V = \frac{GM}{r} \left[ 1 + \sum_{n=2}^{n_{max}} \sum_{m=0}^n (a/r)^n \bar{P}_{n,m}(\sin \varphi') (\bar{C}_{n,m} \cos m\lambda + \bar{S}_{n,m} \sin m\lambda) \right]$	
PARÂMETRO	DEFINIÇÃO
$V =$	Função do Potencial Gravitacional
$GM =$	Constante Gravitacional da Terra
$r =$	Raio Vector a partir do Centro de Massas da Terra
$a =$	Semi-eixo Maior do elipsóide WGS-84
$n, m =$	grau e ordem respectivamente
$\varphi' =$	Latitude Geocêntrica
$\lambda =$	Longitude Geocêntrica = Longitude Geodésica
$\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m} =$	Coeficientes dos Harmônicos Esférico Normalizados
$\bar{P}_{n,m}(\sin \varphi') =$	Normalizados associados á função de Legendre $= \left[ \frac{(n-m)! (2n+1)k}{(n+m)!} \right]^{1/2} P_{n,m}(\sin \varphi')$
$P_{n,m}(\sin \varphi') =$	Função de Legendre.

FONTE: *Department of Defense World Geodetic System 1984 Its definition and Relationships With Local Geodetic System - DMA*



### 1.2.5 O GEÓIDE WGS-84

O Geóide é definido como uma particular superfície equipotencial da terra que se aproxima do nível médio dos oceanos estendendo-se hipoteticamente abaixo de toda a superfície terrestre. Matematicamente o Geóide é também definido como quantos metros acima (+N) ou abaixo (-N) do elipsóide, onde N é conhecido como altitude geoidal.

#### 1.2.5.1 FÓRMULAS E REPRESENTAÇÃO DO GEÓIDE WGS-84

A altitude Geoidal do WGS-84 é calculada usando a expansão de harmônicos esféricos e os coeficientes através de  $n=m=180$  do WGS-84 EGM. A fórmula para calcular a altitude Geoidal WGS-84 tem a forma:

$$N = \frac{GM}{r\gamma} \left[ \sum_{n=2}^{n_{max}} \sum_{m=0}^n (a/r)^n \bar{P}_{n,m}(\sin\varphi') (\bar{C}_{n,m} \cos m\lambda + \bar{S}_{n,m} \sin m\lambda) \right] \quad (1.21)$$

onde:

N = altitude geoidal,

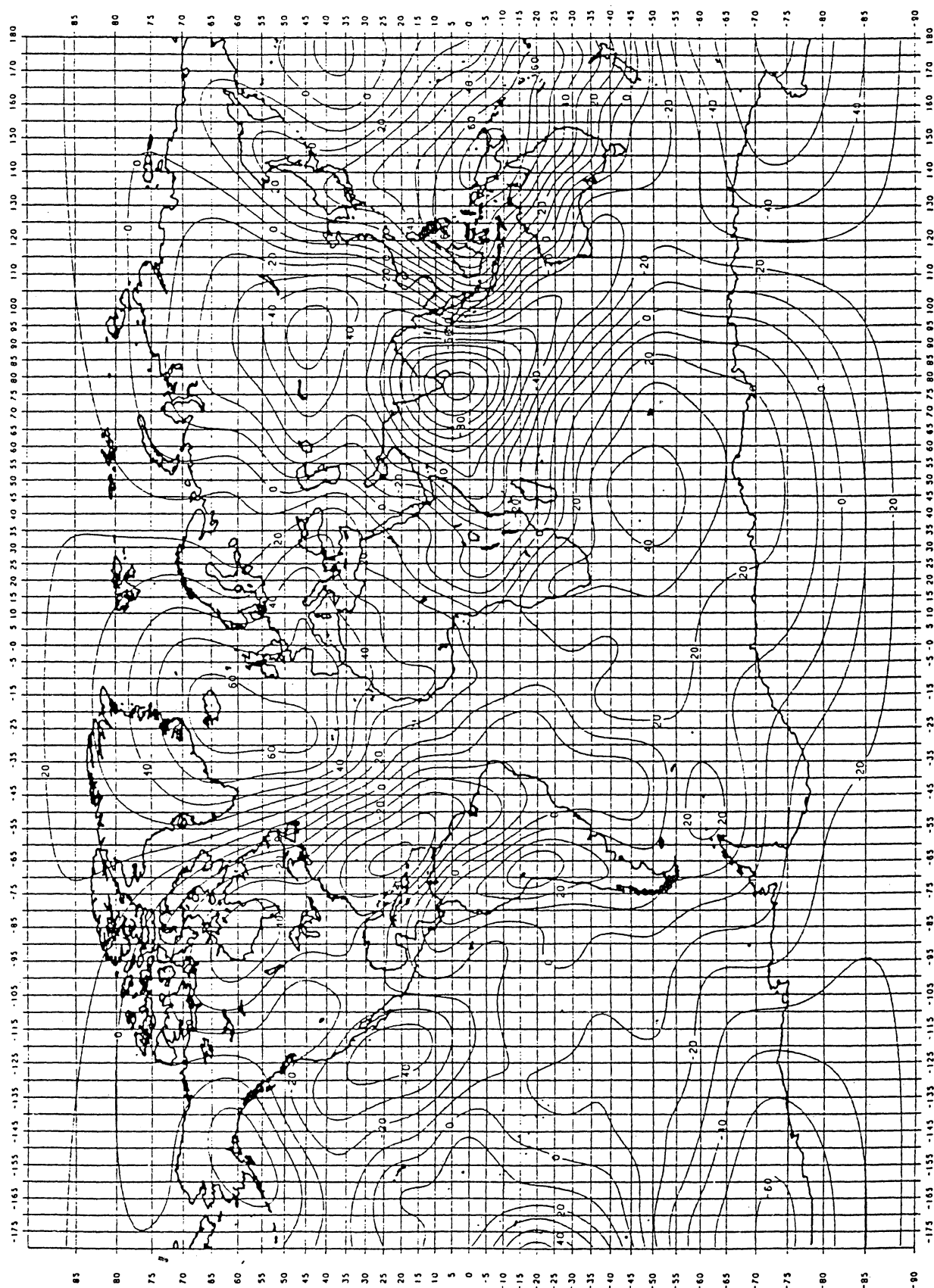
$\gamma$  = gravidade teórica (calculada usando a formula da gravidade para o elipsóide WGS-84).

O Geóide é geralmente representado por cartas que mostram a ondulação do Geóide a partir do elipsóide, como se fossem curvas de nível da superfície terrestre. A figura 02 representa a carta Mundial do contorno de altitudes geoidais do WGS-84 realizada no ano 1988, desenvolvida a partir de uma grade mundial de  $1^\circ \times 1^\circ$  de altitudes geoidais, calculadas usando dados numéricos do WGS-84 e os coeficientes do WGS-84 EGM através de  $n=m=18$  na equação (1.21).

As altitudes geoidais do WGS-84 tem um erro variando de  $\pm 2$  até  $\pm 6$  metros (um sigma) e são conhecidas com exatidão de  $\pm 2$  até  $\pm 3$  metros em aproximadamente 55 por cento da terra. Aproximadamente 93 por cento da terra tem altitudes geoidais WGS-84 com exatidão de  $\pm 4$  metros (WHITE,1989).

O Mapa Geoidal do Brasil, referido ao SAD-69, foi determinado oficialmente pelo IBGE/EPUSP e apresenta precisão melhor, para o Brasil, que o modelo global do WGS84.

FIGURA - 02 CARTA MUNDIAL DE ALTURAS GEOIDAIS



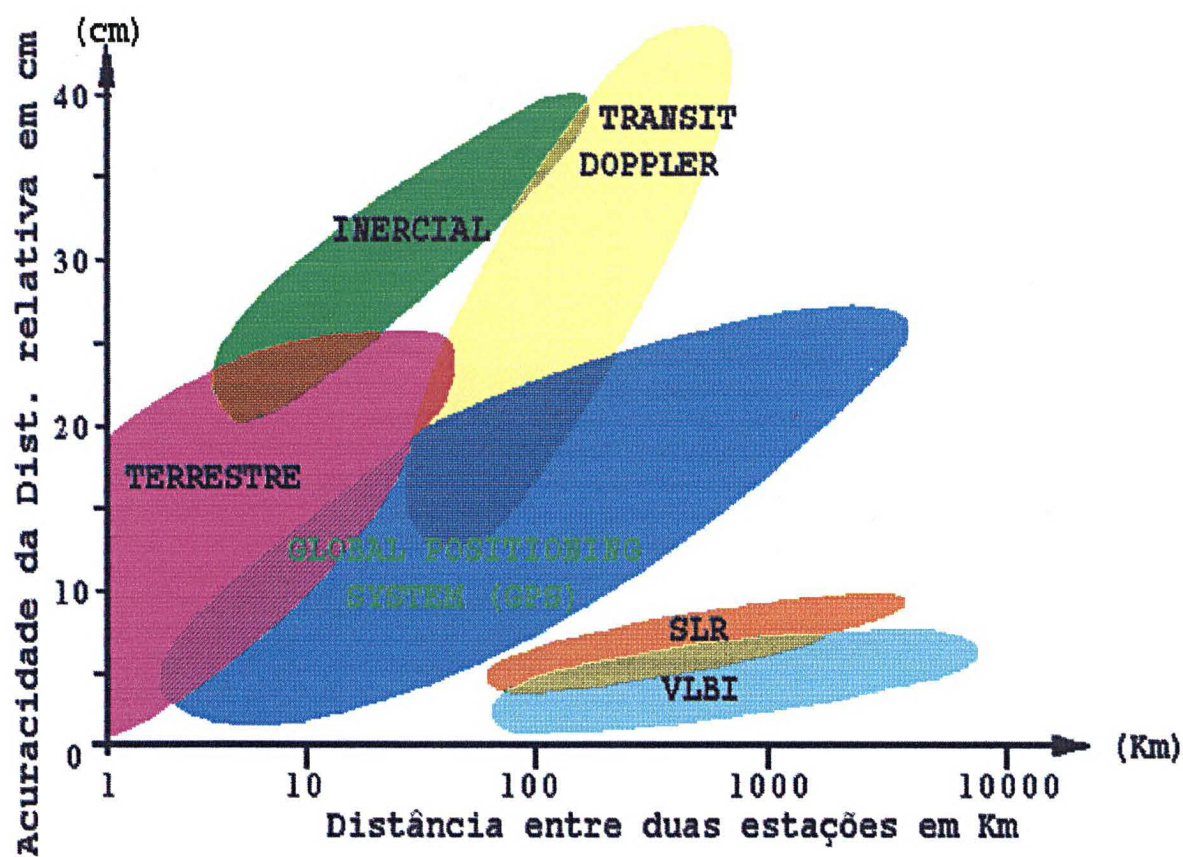
FONTE: WHITE. Haschal., I. DECKER B. Louis, KUMAR Muneendra. *World Geodetic System 1984 - A modern and accurate global Reference Frame*

### 1.3 O SISTEMA REFERENCIAL TERRESTRE ITRF

A União Astronômica Internacional (IAU) e a União Geodésica e Geofísica Internacional (IUGG), incumbiram responsabilidade ao Serviço Internacional de Rotação da Terra (IERS) para o estabelecimento e manutenção de um moderno sistema de referência, o “IERS Terrestrial Reference System (ITRS)”, chamado também de “IERS Terrestrial Reference frame (ITRF)”. O ITRF é obtido pela combinação de alguns Grupos de Coordenadas de Estações “*Sets of Stations Coordinates (SSC)*” obtidos a partir de técnicas espaciais de posicionamento: *Satellite Laser Ranging (SLR)*, *Lunar Laser Ranging (LLR)*, *Very Long Baseline Interferometry (VLBI)* e a partir do *ITRF94 Global Positioning System (GPS)* e *Doppler Orbit Determinations and Radiopositioning Integrated on Satellite (DORIS)*; formando uma rede global de observatórios. A precisão destas técnicas de posicionamento espacial é a melhor obtida pelos métodos modernos, como mostra a figura 03, tendo uma precisão de 0,01 ppm em escala, poucos milissegundos de arco em orientação, e chega ao nível de decímetro em translação (BOUCHER, 1992).

O Sistema Referencial Terrestre ITRF vem sendo refinado com o aumento de dados observacionais e com o desenvolvimento tecnológico e científico, pois é um sistema geodésico essencialmente materializado pela rede global de estações (SSC) como mostra a figura 04.

**FIGURA 03 - EXATIDÃO DAS DIFERENTES TÉCNICAS GEODÉSICAS DE POSICIONAMENTO NA DETERMINAÇÃO DE POSIÇÕES RELATIVAS**



FONTE: SEEGER, Günter. *Satellite Geodesy*. University of Hannover, Germany, 1993

### 1.3.1 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE REFERENCIA ITRF

O IERS *Terrestrial Reference Frame Section* (ITFS) do IERS *Central Bureau* tem processado a nova solução do IERS Sistema Referencial Terrestre designada como ITRF-94.

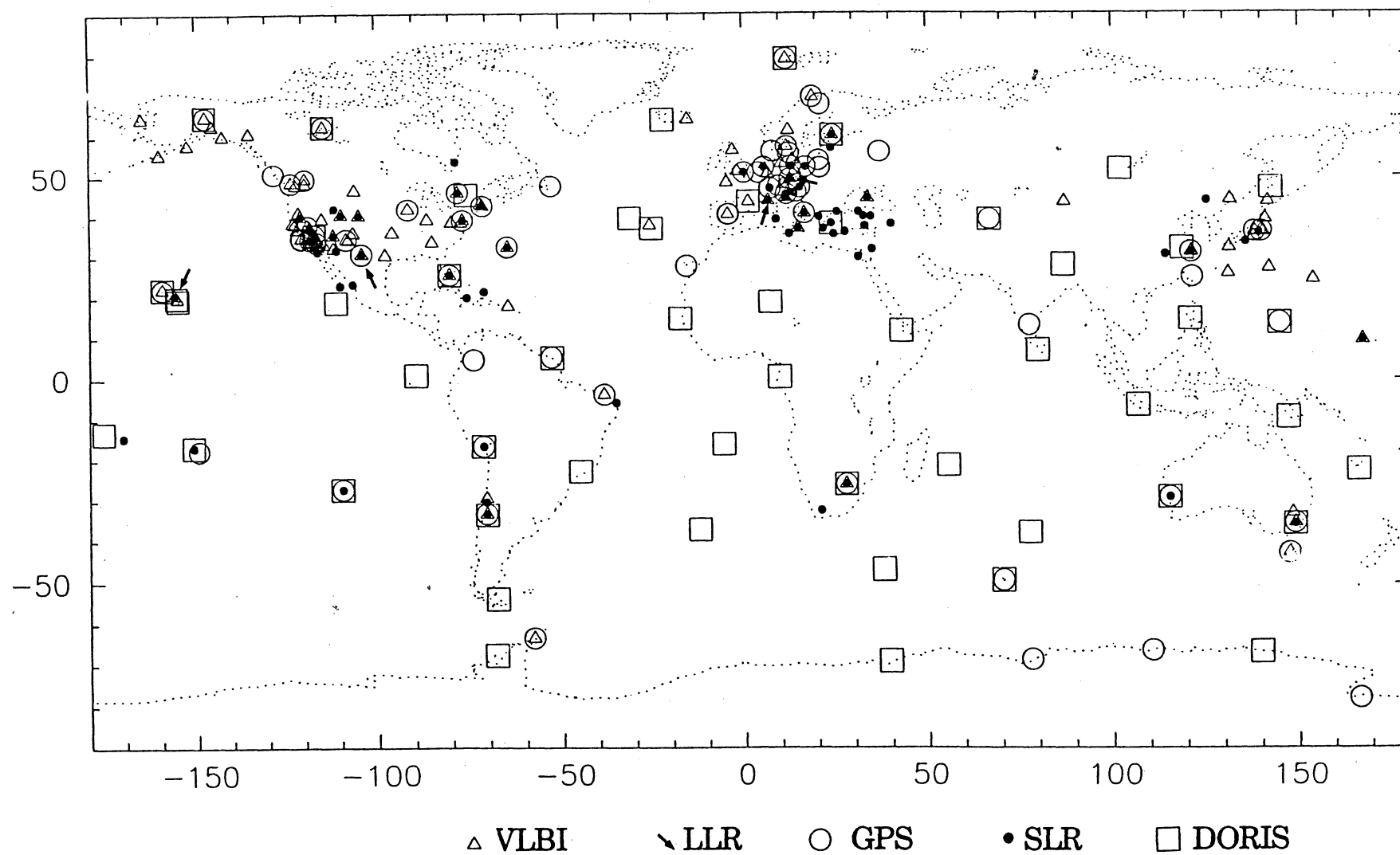
A solução do ITRF-94 baseia-se na combinação de um grupo seletivo de soluções individuais (classe I) submetidas ao IERS Central Bureau. Estes grupos (SSC) compreendem VLBI, GPS, SLR e DORIS.

Os cálculos do ITRF-94 consistem na combinação da posição de estações de duas épocas diferentes: 1988.0 e 1993.0. Cada matriz variância-covariância de forma individual foi calculada para estas duas épocas (BOUCHER,1992).

A definição do Datum do ITRF-94 é como segue:

- Origem é a média das soluções dos grupos SLR, GPS e DORIS;
- Escala é a média das soluções dos grupos VLBI, SLR, GPS e DORIS;
- Orientação é consistente com a orientação do ITRF-92 para a época 1988.0; e
- Evolução do tempo é consistente com a do Modelo Geofísico NNR-NUVEL1A.

FIGURA - 04 LOCAIS 1TRF-94



FONTE: 1994 IERS Annual Report. Pg II-49

## 2. SISTEMA NAVSTAR-GPS

### 2.1 INTRODUÇÃO

O *NAVigation System whith Time And Ranging - Global Positioning System*, NAVSTAR-GPS, é um sistema de posicionamento por satélites criado no ano de 1973 *pelo Defensing Navigation Satellite System* dos Estados Unidos, objetivando minimizar a proliferação de sistemas de satélites e procurando no seu início, atender as várias necessidades militares. Este sistema nasceu da fusão de dois projetos desenvolvidos neste sentido: o Sistema 621B da U.S. Air Force e o TIMATION da U.S. Navy.

### 2.2 OBJETIVOS DO SISTEMA

O Sistema tem como objetivos:

- 1) precisão da ordem de centímetro para posicionamento;
- 2) exata determinação da velocidade e do tempo;
- 3) disponibilidade contínua de dados de navegação;
- 4) base para o estabelecimento de um referencial global;
- 5) cobertura global e regional;
- 6) potencial generalizado de navegação para minimizar a proliferação de sistemas para fins espaciais ou de cobertura regional;
- 7) observação simultânea de pelo menos 4 satélites visíveis acima do horizonte em qualquer região e a qualquer momento e
- 8) independência das condições meteorológicas.



## **2.3 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA NAVSTAR-GPS**

O sistema completo tem as seguintes características:

- 1) 21 Satélites operacionais e três de reserva.
- 2) Órbita quase circular.
- 3) 6 planos orbitais com 4 satélites em cada uma (figura 05).
- 4) Inclinação de  $55^\circ$  aproximadamente dos planos orbitais.
- 5) Separação de  $60^\circ$  aproximadamente da ascensão reta entre dois planos orbitais.
- 6) Altitude de 20.200 Km, aproximadamente.
- 7) Período orbital de 12 horas siderais.
- 8) Repetibilidade da geometria diariamente com 4 minutos a menos do dia anterior com respeito ao Tempo Universal.
- 9) Portadoras de radio frequência de 1575,42 MHz e 1227,6 MHz.
- 10) Dados de Navegação: (4D) X,Y,Z,t; velocidade.
- 11) Relógios atômicos de Rubídio e Césio a bordo dos satélites
- 12) Disponibilidade contínua.

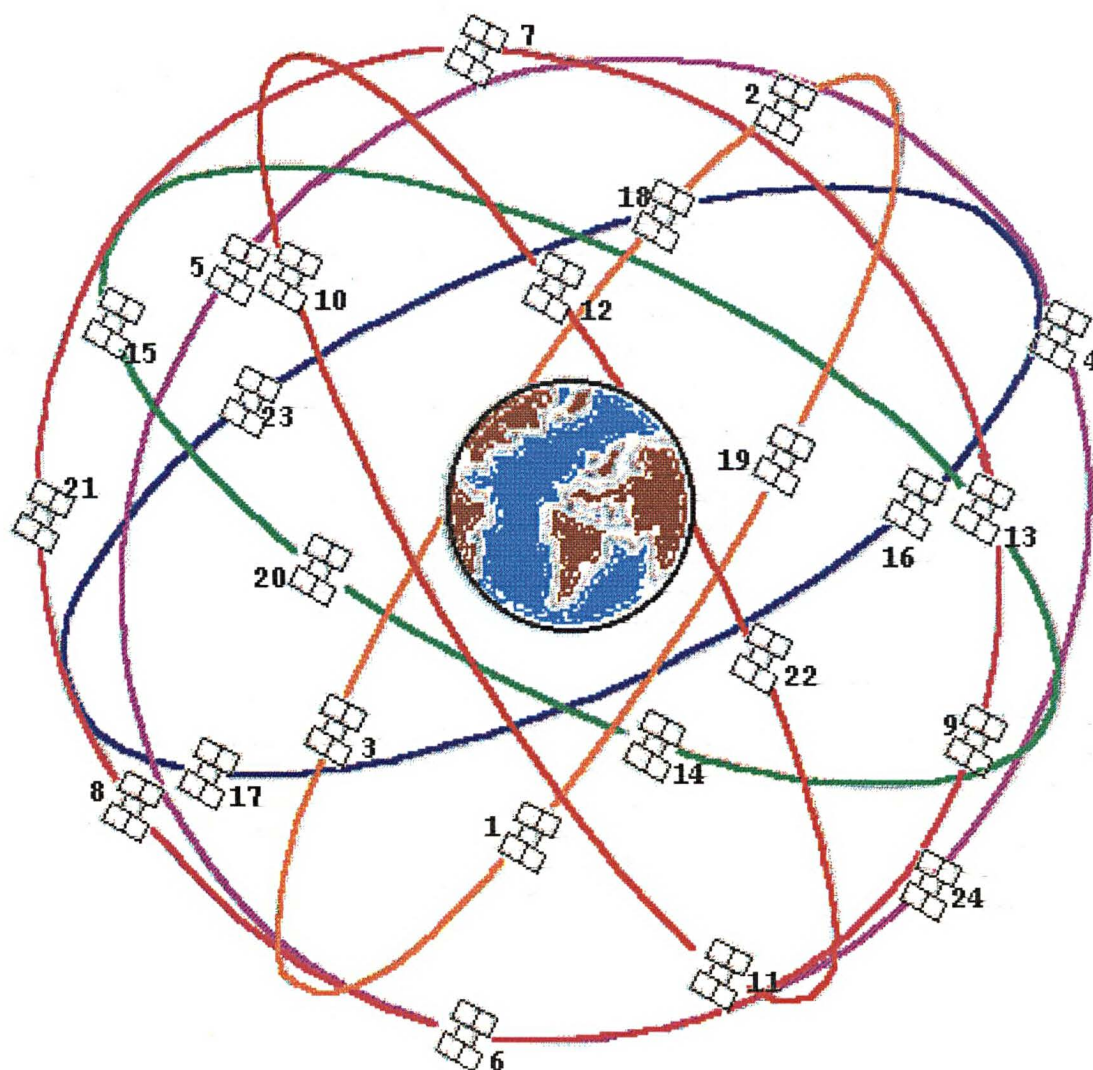
## **2.4 SEGMENTOS DO SISTEMA**

A descrição do Sistema GPS compreende uma divisão em três segmentos: Segmento Espacial, Segmento de Controle e Segmento dos Usuários.

### **2.4.1 SEGMENTO ESPACIAL**

Trata dos satélites do sistema. O Projeto NAVSTAR-GPS foi previsto para se desenvolver em três blocos:

FIGURA 05 - CONFIGURAÇÃO ORBITAL DO GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)



FONTE: SEEBER, Günter. *Satellite Geodesy*. University of Hannover. Germany, 1993

#### 2.4.1.1 BLOCO I:

Neste bloco foram lançados 11 satélites numerados do 1 ao 11 entre os anos de 1978 e 1985 com um ângulo de inclinação dos planos orbitais de  $63^\circ$  (ANDRADE,1988), (TIERRA,1993), (SEEBER,1993). O tempo de vida previsto para estes satélites foi de 5 anos, mais alguns funcionaram por mais tempo. Uma vantagem deste bloco é que os sinais não estavam sujeitos a mudanças, assim sendo estes satélites não eram afetados pela ativação da Disponibilidade Seletiva SA (*Selective Availability*) e AS (*anti-spoofing*).

#### 2.4.1.2 BLOCO II:

Os primeiros satélites desse bloco foram lançados a partir do ano de 1989/90 em dois grupos, conhecidos como Bloco II (1989) e Bloco IIA (1990), completando, assim, a constelação final de 24 satélites (21 operacionais e 3 de reserva). A construção desta constelação foi adicionada aos satélites já existentes do Bloco I (TIERRA,1993). A vida útil destes satélites é de 7,3 anos.

#### 2.4.1.3 BLOCO IIR:

Este bloco está sendo desenvolvido desde 1995. Vinte satélites serão lançados para substituir os satélites do Bloco II quando for necessário. As características principais dos satélites deste bloco são:

- Capacidade de calcular as efemérides a bordo;
- Capacidade de medir as distâncias entre os satélites (Crosslink ranges);
- Apresentam relógios atômicos Hydrogen-Moser; e
- Vida útil 10 anos

O Quadro 01, mostra o estado da constelação do Sistema GPS para Dezembro de 1996.

# QUADRO 01- CONSTELAÇÃO DO SISTEMA GPS (1996)

SEQUÊNCIA DE LANÇAMENTO	CÓDIGO PRN	DATA DE LANÇAMENTO	POSIÇÃO NO PLANO ORBITAL	ESTADO
<b>BLOCO I</b>				
I-1	04	22/02/78		INATIVO 17/07/83
I-2	07	13/05/78		INATIVO 16/07/81
I-3	06	06/10/78		INATIVO 18/05/92
I-4	08	10/12/78		INATIVO 14/10/89
I-5	05	09/02/80		INATIVO 28/11/83
I-6	09	26/04/80		INATIVO 06/03/91
I-7				FALHA NO LTO.
I-8	11	14/07/83		INATIVO 04/05/93
I-9	13	13/06/84		INATIVO 20/06/94
I-10	12	08/09/84		INATIVO 18/11/95
I-11	03	09/10/85		INATIVO 13/04/94
<b>BLOCO II</b>				
II-1	14	14/02/89	E1	OPERÁVEL
II-2	02	10/06/89	B3	OPERÁVEL
II-3	16	18/08/89	E5	OPERÁVEL
II-4	19	21/10/89	A4	OPERÁVEL
II-5	17	11/12/89	D3	OPERÁVEL
II-6	18	24/01/90	F3	OPERÁVEL
II-7	20	26/03/90		INATIVO 10/05/96
II-8	21	02/08/90	E2	OPERÁVEL
II-9	15	01/10/90	D2	OPERÁVEL
<b>BLOCO IIA</b>				
II-10	23	26/11/90	E4	OPERÁVEL
II-11	24	04/07/91	D1	OPERÁVEL
II-12	25	23/02/92	A2	OPERÁVEL
II-13	28	10/04/92	C5	OPERÁVEL
II-14	26	07/07/92	F2	OPERÁVEL
II-15	27	09/09/92	A3	OPERÁVEL
II-16	01	22/11/92	F1	OPERÁVEL
II-17	29	18/12/92	F4	OPERÁVEL
II-18	22	03/02/93	B1	OPERÁVEL
II-19	31	30/03/93	C3	OPERÁVEL
II-20	07	13/05/93	C4	OPERÁVEL
II-21	09	26/06/93	A1	OPERÁVEL
II-22	05	30/08/93	B4	OPERÁVEL
II-23	04	26/10/93	D4	OPERÁVEL
II-24	06	10/03/94	C1	OPERÁVEL
II-25	03	28/03/96	C2	OPERÁVEL
II-26	10	16/07/96	E3	OPERÁVEL
II-27	30	12/09/96	B2	OPERÁVEL

FONTE: CANSPACE, 07-10-1996

### 2.4.3 SEGMENTO DOS USUÁRIOS

Os sinais transmitidos pelos satélites do Sistema GPS, após atravessarem a atmosfera, chegam simultaneamente à antena do receptor. A fim de realizar as medidas, o receptor tem que ser capaz de isolar os diferentes sinais e de identificar o transmissor de cada sinal. Existem vários tipos de receptores, os quais podem ser classificados de varias formas (TIERRA,1993):

#### 1) De acordo com o tipo de canal de recepção:

- Receptor Multicanal ou de rastreamento contínuo.

Estes receptores tem um ou mais canais de recepção; cada canal significa um circuito eletrônico específico, para receber continuamente o sinal enviado por um só satélite. Nas observações com GPS é necessário receber simultaneamente o sinal de pelo menos 4 satélites. Receptores modernos podem dispor de 12 canais.

- Receptor Seqüencial.

Este tipo de receptor possui um ou mais canais e cada canal rastreia seqüencialmente sinais de vários satélites.

- Receptor Multiplex.

Este tipo de receptor consiste em sintonizar um satélite por um período de tempo bem curto e, em seguida, o outro, de modo que nenhuma informação seja perdida.

## **2) De acordo com o tipo de sinal disponível pelo receptor**

- C/A
- C/A + L1
- C/A + L1 + L2
- C/A + P + L1,L2
- L1
- L1,L2

## **3) De acordo com o uso dos receptores**

- Militar
- Civil
- Navegação
- De Tempo
  
- Geodésicos

Este tipo de receptores para fins geodésicos, buscam em ultima instância tornar disponíveis aos usuários, as observações da fase da onda da portadora, rastreiam também o código C/A. Como L1 é modulada com os códigos, a disponibilidade do C/A permite a recuperação de L1. No caso de determinações onde se busca alta precisão ou localizadas em zonas de forte atividades ionosféricas, o equipamento deve também rastrear L2 (IBGE,1995).

## 2.5 PROPAGAÇÃO DO ERRO ORBITAL NA PRECISÃO DA DETERMINAÇÃO DAS BASES GEODÉSICAS

A equação 2.5.1, na qual  $db$  é o erro na base geodésica,  $b$  o comprimento da linha de base,  $dr$  o erro orbital e  $\rho$  a distância satélite-estação (SEEBER, 1993), mostra que o erro no comprimento da base devido ao erro no conhecimento das órbitas dos satélites, dependem somente de  $b$ ,  $\rho$  e  $dr$ .

$$\frac{db}{b} = \frac{dr}{\rho} \quad (2.1)$$

Como aproximadamente a distância aos satélites GPS é 20.000 km, para bases com precisão de 1cm, é necessário conhecer a órbita com a precisão indicada na tabela 05, e se determinada precisão na medição das bases geodésicas é requerida tem-se que considerar uma precisão admissível na determinação das órbitas do sistema GPS, mostrada na tabela 06

**TABELA 05 - RELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO DAS BASES E ERROS ORBITAIS ADMISSÍVEIS PARA PRECISÃO DE 1cm**

COMPRIMENTO DA BASE	ERRO ORBITAL ADMISSÍVEL
0,1 Km	2000,0 m
1,0 Km	200,0 m
10 Km	20,0 m
100 Km	2,0 m
1000 Km	0,2 m

**TABELA 06 - RELAÇÃO ENTRE A PRECISÃO DESEJADA E O ERRO ORBITAL ADMISSÍVEL**

PRECISÃO DESEJADA	ERRO ORBITAL ADMISSÍVEL
5ppm	100m
1ppm	20m
0,5ppm	10m
0,1ppm	2m

FONTE: SEEBER, Günter. *Satellite Geodesy*. University of Hannover. Germany, 1993

### 3. PROGRAMA GEONAP

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O programa GEONAP é um software científico de processamento de dados do Sistema GPS. Foi desenvolvido do ano de 1984 até 1989 no *Instituto Für Erdmessung* da Universidade de Hannover, Alemanha, pelo cientista Wübbena. O nome GEONAP deriva de **GE**Odetic **NA**vstar **P**ositioning. Este programa vem sendo sempre melhorado pela empresa Geo++ GmbH, e é usado em centros de pesquisa em Geodésia por Satélites do mundo inteiro. O Curso de pós-graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná através do convênio Brasil-Alemanha adquiriu este software e desde então vem sendo utilizado em trabalhos de pesquisa realizados nesse curso.

A capacidade do GEONAP no processamento dos dados GPS, vem sendo demonstrada com as soluções dos mais diversos projetos científicos e comerciais. Existem três versões do programa: GEONAP-S, para aplicações estáticas; GEONAP-K, para aplicações cinemáticas e GEONAP-KS, para aplicações estáticas e cinemáticas (GEOSPACE, 1994).

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO GEONAP

- 1) Uso de qualquer tipo de observações.
- 2) Processamento de sessões múltiplas, estações múltiplas, múltiplos receptores e múltiplas frequências:
  - Processamento de observações para qualquer número de receptores (máximo = 50, 1225 bases).
  - Ajustamento de soluções para todas as sessões.



- Processamento de observações de diferentes tipos de receptores.
- Processamento de diferentes tipos de observações (L1, L2, C1, C2, P1, P2, e fase Doppler).
- 

3) Modela ou estima os seguintes parâmetros:

- Coordenadas de estações.
- Estado dos relógios do receptor e dos satélites.
- Escalas de fatores troposféricos.
- Parâmetros ionosféricos.
- Ambigüidades e *Cycle Slips*.
- Modelação da órbita dos satélites.

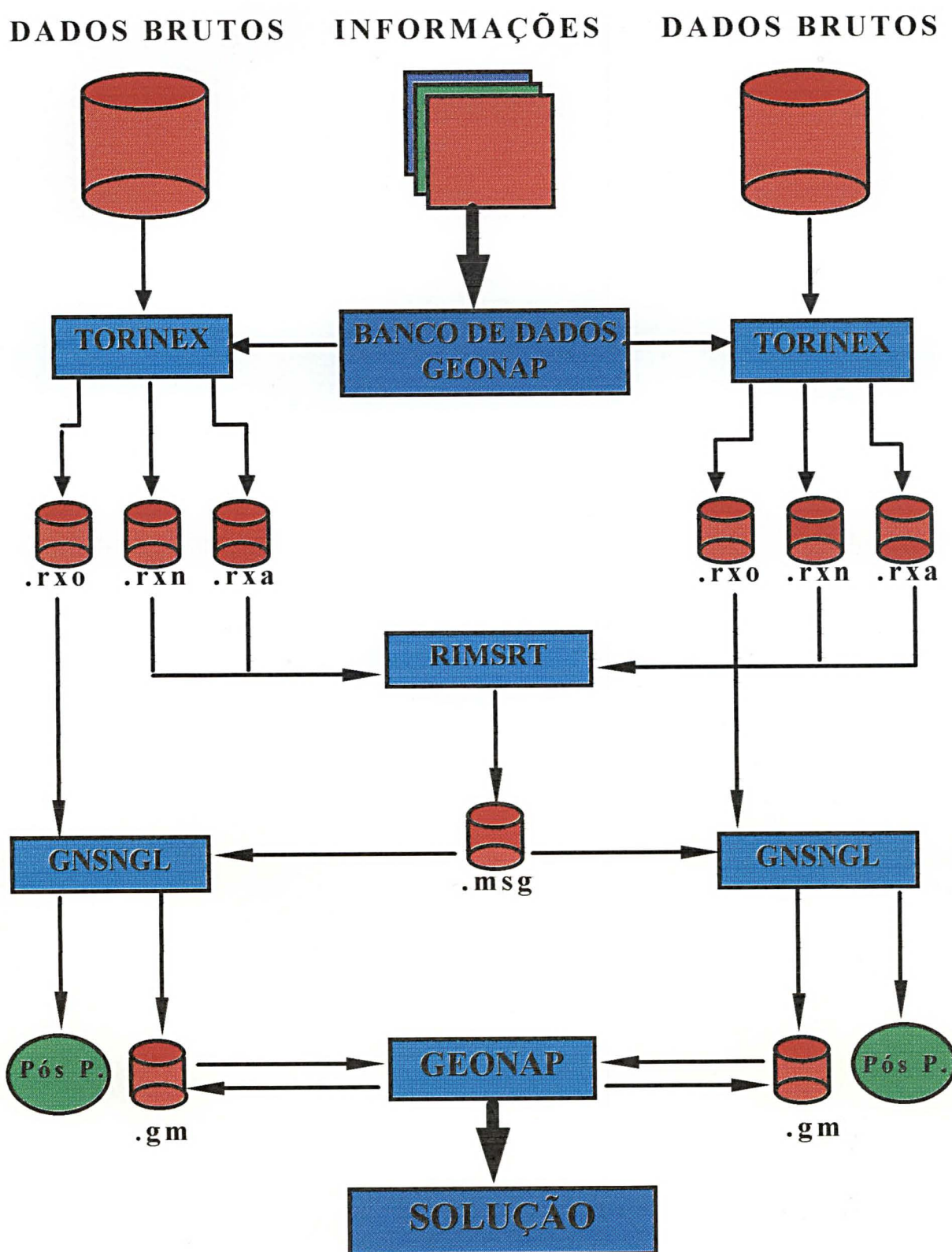
### 3.3 PROCESSAMENTO DE DADOS COM O GEONAP

No pacote de programas que integram o programa GEONAP, O processamento dos dados é feito como segue:

- Transformação dos dados brutos para formatos padrão **RINEX** (*Receiver INdependent EXchange format*) com os programas **TORINEX**, **TRTORI** ou **TITORI**.
- Processamento dos dados de navegação com o programa **RIMSRT** (*RInex Message SoRT*).
- Processamento dos dados de uma estação com o programa **GNSNGL** (*Geodetic Navstar SiNGLe*).
- Processamento dos dados de cada sessão com o programa **GEONAP** (*GEOdetic NAVstar Positioning*).
- Ajustamento da rede com os dados de todas as sessões, com o programa **GNPNET** (*Geodetic Navstar Positioning NETwork*).

Esta mesma seqüência de processamento é ilustrada no fluxograma da figura (06) mostrada a seguir.

FIGURA 06 FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO GEONAP



### 3.3.1 TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS BRUTOS PARA O FORMATO PADRÃO RINEX

A decodificação dos dados brutos em arquivos RINEX (ver item 3.3.1.1) é feita por três programas, TORINEX, TITORI e TRTORI, neste trabalho chamados programas RINEX.

Os programas RINEX decodificam dados brutos e os transformam no formato RINEX. O Programa TORINEX é capaz de decodificar os dados brutos de diferentes tipos de receptores, enquanto TRTORI é somente usado para receptores Trimble, e o programa TITORI decodifica os dados brutos do receptor Texas TI4100.

Estes programas necessitam informações de um banco de dados chamado banco de dados GEONAP (ver item 3.5), especificamente dos arquivos prj.obs, gps.rcv e gps.ant. O banco de dados armazena informações com as seguintes características:

- Tipo de receptores, tipo de antenas
- Posição aproximada da antena
- Altitude da antena, excentricidade
- Tipos de observação
- Fatores de comprimento de onda para L1 e L2
- Observador, agência, tempo de observação.

Estas informações podem ser guardadas no cabeçalho da sessão do arquivo RINEX.

Os programas RINEX criam três tipos de arquivos RINEX:

- Arquivo de almanaque (efemérides): \*.rxn ( não está no formato RINEX padrão),
- Arquivo dos dados de observação: \*.rxo, e
- Arquivos das mensagens de navegação: \*.rxn

Os dados meteorológicos poderão estar armazenados no arquivo de dados meteorológicos \*.rxm, mais este arquivo pode não ser criado pelos programas RINEX.

O anexo 1 mostra as opções de parâmetros de cada programa do sistema de programas GEONAP.

### 3.3.1.1 ARQUIVOS DE DADOS RINEX

Os arquivos de dados **RINEX** (*REceiver INdependent EXchange format*) surgiram da necessidade de se unificar os diferentes formatos que existiam na década de 80. Cada tipo de receptor tinha seu próprio formato de dados binários e as observações foram definidas seguindo os conceitos de cada fabricante. O desenvolvimento de formatos particulares nesta década do 80 foi a consequência da construção de rastreadores com diferentes tecnologias, baseados em soluções eletrônicas diferenciadas, trazendo como consequência a impossibilidade do processamento de diferentes receptores simultaneamente utilizando um único software de processamento de dados GPS.

A percepção do problema de que estes diferentes formatos dificultaria ou inviabilizaria o uso de diferentes receptores em campanhas conjuntas trouxe preocupações aos gestores do sistema, usuários, pesquisadores e fabricantes de equipamentos. Uma solução que unificasse todos os formatos de dados teria que ser encontrada (SEEBER, 1993).

A primeira proposta para o formato RINEX, surgiu no Instituto Astronômico da Universidade de Berna elaborada pelos pesquisadores W. Gurtner, G. Mader e D. Arthur, em 1989. Ela foi apresentada no XV Simpósio Internacional de Geodésia por satélites realizado em Las Cruces, discutida e modificada durante o

WorkShop deste simpósio, sendo recomendada para uso internacional.

Até hoje já foram propostas alterações à versão original para acomodar mudanças no sistema, como a introdução da AS<sup>2</sup> e mais recentemente a possibilidade de armazenamento de observáveis do GLONASS<sup>3</sup>. Atualmente a mais utilizada é a versão 2.

Realmente o RINEX foi bem aceito pela comunidade internacional de usuários e de fabricantes de receptores GPS. Como consequência disto o RINEX é hoje a interface geral entre receptores e múltiplos softwares de processamento de dados GPS.

Como a grande maioria de softwares de pós-processamento usa os mesmos elementos observados para o cálculo da posição, foi possível definir a abrangência do formato comum a ser adotado, ou seja, quais deveriam ser os dados disponíveis para o pós-processamento, independente do rastreador usado. Foram eleitas a fase de batimento das portadoras L1 e/ou L2, as pseudo-distâncias, o instante da observação, e outras informações relacionadas as estações ocupadas. Além disso foram propostos os formatos da gravação das efemérides e das informações meteorológicas.

Os dados de uma sessão de rastreamento são armazenados no padrão ASCII. Alguns fabricantes geram três arquivos, outros quatro por que acrescentam um arquivo com parâmetros ionosféricos. Para a definição do formato RINEX, os dados foram divididos em três arquivos básicos no qual os dois primeiros dígitos da extensão do arquivo representam o ano da observação, neste caso o ano é 95:

- **.95o** - RINEX - Arquivo de observações
- **.95n** - RINEX - Arquivo de mensagens de navegação
- **.95a** - RINEX - Arquivo de dados do almanaque

---

<sup>2</sup> Anti Spoofing é uma proteção do sinal, o código P é criptografado.

<sup>3</sup> É um sistema global de posicionamento por satélites da Rússia, GLONASS (*Global Navigation Satellite System*).

### 3.3.1.1.1 ARQUIVO DE OBSERVAÇÃO

O quadro 02 mostrado a seguir é parte de um arquivo de observação RINEX. Seu nome é areq.rxo e é correspondente ao dia GPS 147 da estação Arequipa situada no Peru. Uma coluna foi colocada neste arquivo a fim de descrevê-lo com o número de cada linha. Esta coluna não faz parte deste arquivo.

Num arquivo de observação RINEX, podemos distinguir os seguintes tipos de dados:

#### 3.3.1.1.1.1 INSTANTE DE OBSERVAÇÃO

Corresponde ao instante em que o sinal proveniente de um satélite é recebido e validado pelo receptor. É adotado indistintamente para a medida da fase de batimento e para as pseudo-distâncias<sup>4</sup>, sendo único para todos os satélites observados em uma determinada época. Ver no quadro 02 a linha 44.

#### 3.3.1.1.1.2 PSEUDODISTÂNCIA

Distância em metros entre as antenas do receptor e do satélite. Estas distâncias contém vários tipos de erros : erros dos relógios dos satélites, relógio do receptor e atrasos devido à propagação na atmosfera.

$$PD = D + c \times (\delta_{\text{receptor}} - \delta_{\text{satélite}} + \delta_{\text{atmosfera}}) + \epsilon \quad (3.1)$$

Na equação (3.1), onde **PD** é a Pseudo-distância, **D** é a distância correta, ou distância geométrica, **c** é a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, os  $\delta$  correspondem

---

<sup>4</sup> Os gestores do Sistema GPS (segmento de controle) em sua maioria foram engenheiros eletrônicos e não geodestas. É por isso que batizaram de pseudo-distâncias às distâncias brutas medidas.

respectivamente às desfasagens em tempo devidas ao relógio do receptor, relógio do satélite e efeitos atmosféricos, e  $\epsilon$  são os demais erros existentes. Ver no quadro 02, a quarta e quinta coluna nas linhas 45 a 51.

#### **3.3.1.1.1.3 FASE DA PORTADORA**

Fase de batimento das portadoras L1 e L2, medidas em ciclos inteiros. Para os receptores que utilizam a técnica de quadratura para L2, a indicação de que os ciclos foram elevados ao quadrado deve constar no cabeçalho do arquivo. Ver primeira e segunda coluna do quadro 02 nas linhas 45 a 51.

#### **3.3.1.1.1.4 DESVIO DOPPLER**

Desvio de frequência sofrido pelo sinal, decorrente do movimento relativo entre o satélite e o rastreador, tendo sinal positivo, em situações de aproximação satélite-rastreador, e negativo em caso contrário. Sua gravação é opcional (não aparece no quadro 02).

Além dos elementos observados, aparecem, no cabeçalho do arquivo, informações relativas à versão RINEX e tipos de dados (linha 1), programa e data de conversão (linha 2), na linha 3 aparecem opcionalmente avisos sobre a ação do AS sobre os dados (não aparece no quadro 02), nome do ponto rastreado (linha 3), número da estação rastreada (linha 4), empresa ou órgão executor

**QUADRO 02 - ARQUIVO DE DADOS DE OBSERVAÇÃO NO  
FORMATO RINEX VERSÃO 2 CORRESPONDENTE AO DIA  
29/05/95 OU DIA DO ANO 149**

1	2	OBSERVATION DATA							GPS	RINEX VERSION / TYPE			
2	srx/v1.8.1.3 5/19/95BAI							95/05/31 08:26:49		PGM / RUN BY / DATE			
3	AREQ							MARKER NAME					
4	AREQ							MARKER NUMBER					
5	gne	jpl							OBSERVER / AGENCY				
6	253	ROGUE SNR-8000							95.03.08		REC # / TYPE / VERS		
7	DORNE MARGOLIN T							ANT # / TYPE					
8	1942828.1413 -5804072.3578 -1796894.8235							APPROX POSITION XYZ					
9	0.0610		0.0000		0.0000			ANTENNA: DELTA H/E/N					
10	30							INTERVAL					
11	1	1	0					WAVELENGTH FACT L1/2					
12	5	L1	L2	P1	P2	C1		# / TYPES OF OBSERV					
13	SNR is mapped to signal strength [0,1,4-9]							COMMENT					
14	SNR:	>500	>100	>50	>10	>5	>0	bad	n/a	COMMENT			
15	sig:	9	8	7	6	5	4	1	0	COMMENT			
16	1995	05	29	00	00	00.000000		TIME OF FIRST OBS					
17	1995	05	29	23	59	30.000000		TIME OF LAST OBS					
18	24							# OF SATELLITES					
19	01	1055	1055	0	1055	1055		PRN / # OF OBS					
20	02	732	732	0	732	732		PRN / # OF OBS					
21	04	896	896	0	896	896		PRN / # OF OBS					
22	05	1057	1057	0	1057	1057		PRN / # OF OBS					
23	06	1020	1020	0	1020	1020		PRN / # OF OBS					
24	07	620	620	0	620	620		PRN / # OF OBS					
25	09	948	948	0	948	948		PRN / # OF OBS					
26	14	1055	1055	0	1055	1055		PRN / # OF OBS					
27	15	958	958	0	958	958		PRN / # OF OBS					
28	16	745	745	0	745	745		PRN / # OF OBS					
29	17	809	809	0	809	809		PRN / # OF OBS					
30	18	1053	1053	0	1053	1053		PRN / # OF OBS					
31	19	843	843	0	843	843		PRN / # OF OBS					
32	20	1044	1044	0	1044	1044		PRN / # OF OBS					
33	21	708	708	0	708	708		PRN / # OF OBS					
34	22	714	714	0	714	714		PRN / # OF OBS					
35	23	572	572	0	572	572		PRN / # OF OBS					
36	24	1050	1050	0	1050	1050		PRN / # OF OBS					
37	25	1254	1254	0	1254	1254		PRN / # OF OBS					
38	26	750	750	0	750	750		PRN / # OF OBS					
39	27	949	949	0	949	949		PRN / # OF OBS					
40	28	881	881	881	881	0		PRN / # OF OBS					
41	29	924	924	0	924	924		PRN / # OF OBS					
42	31	753	753	0	753	753		PRN / # OF OBS					
43								END OF HEADER					
44	95 05 29 00 00 00.0000000 0 7 04 05 09 16 20 24 26												
45	-2037373.60448 -1587561.67544							24672451.93244		24672445.51748			
46	-16785350.63148 -13079475.26746							22101445.74846		22101445.13048			
47	-13215094.89048 -10297451.37245							22914963.74945		22914963.55948			
48	-4785102.74648 -3728638.03344							23918146.16444		23918144.16248			
49	-1262286.90948 -983596.96241							0.00041		24970806.56748			
50	-3063839.34148 -2387403.53144							24654349.48944		24654348.19748			
51	-20117637.83849 -15676067.45747							20090912.68547		20090913.03349			



(linha 5), número de série, tipo e versão firmware do receptor (linha 6), número de série e tipo da antena utilizada (linha 7), coordenadas cartesianas aproximadas do local de rastreamento (linha 8), altitude e offset da antena (linha 9), intervalo de observações (linha 10), indicadores do tipo de observação de fase (linha 11), elementos observados e gravados no arquivo, sendo nesse caso as Pseudo-distâncias e fase das portadoras em ambas as frequências (linha 12), data e hora da primeira observação gravada (linha 16), data e hora da ultima observação gravada (linha 17), na linha 18 está a descrição da quantidade de satélites rastreados e seus respectivos números, e ainda da linha 19 a 42 estão registrados o número de observações de cada satélite.

### 3.3.1.1.2 ARQUIVO DE EFEMÉRIDES OU DADOS DE NAVEGAÇÃO

Os arquivos de efemérides (ver quadro 03), diferentemente dos arquivos de observações, não precisam estar relacionados a um determinado ponto, uma vez que as efemérides rastreadas para um determinado local são aplicáveis para outros pontos desde que contenham as informações orbitais necessárias, elas são:

<b>GM</b>	=	valores da constante gravitacional geocêntrica WGS84
<b><math>\omega_e</math></b>	=	valores da velocidade angular de rotação da terra WGS84
<b>A</b>	=	Semi-eixo maior
<b><math>n_0</math></b>	=	calculado do movimento médio
<b><math>t_k</math></b>	=	tempo transcorrido desde a época referencial $t_0$
<b>n</b>	=	correção do movimento médio
<b><math>M_k</math></b>	=	Anomalia média
<b><math>E_k</math></b>	=	Anomalia excêntrica da equação de Kepler
<b><math>\cos v_k</math></b>	=	Anomalia verdadeira
<b><math>\sin v_k</math></b>	=	Anomalia verdadeira

$\Phi_k$  = Argumento da latitude  
 $\delta u_k$  = correção do Argumento da latitude  
 $\delta r_k$  = correção do Raio  
 $\delta i_k$  = correção da Inclinação  
 $u_k$  = Argumento da Latitude correto  
 $r_k$  = Raio correto  
 $i_k$  = Inclinação correta  
 $X'_k, Y'_k$  = Posição em orbita plana  
 $\Omega_k$  = Longitude correta do Nodo ascendente  
 $X_k, Y_k, Z_k$  = Coordenadas Geocêntricas da Terra Fixa

**QUADRO 03 - EFEMÉRIDES OU DADOS DE NAVEGAÇÃO**

**CORRESPONDENTES AO DIA 31/05/95 OU DIA DO ANO 151**

2	NAVIGATION DATA				RINEX VERSION / TYPE			
CCRINEXN V1.3.6 VM CDDIS				01-JUN-95 15:33		PGM / RUN BY / DATE		
IGS BROADCAST EPHEMERIS FILE				COMMENT				
END OF HEADER								
22 95	5 31	2 0	0.0	0.221034977585D-03	0.284217094304D-11	0.000000000000D+00		
				0.120000000000D+03	0.133437500000D+03	0.454911806046D-08	0.239604869428D+01	
				0.684149563313D-05	0.808842887636D-02	0.588782131672D-05	0.515384059334D+04	
				0.266400000000D+06	-0.409781932831D-07	0.101225571533D+01	0.689178705215D-07	
				0.950482687190D+00	0.261562500000D+03	-0.826265610879D-01	0.814855370568D-08	
				0.189293599124D-09	0.100000000000D+01	0.803000000000D+03	0.000000000000D+00	
				0.320000000000D+02	0.000000000000D+00	0.139698386192D-08	0.376000000000D+03	
				0.259218000000D+06	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	
18 95	5 31	2 0	0.0	-0.427942723036D-06	-0.341060513165D-12	0.000000000000D+00		
				0.188000000000D+03	-0.928125000000D+01	0.536379485216D-08	0.139824885662D+01	
				-0.759959220886D-06	0.581568421330D-02	0.509247183800D-05	0.515357545471D+04	
				0.266400000000D+06	-0.119209289551D-06	-0.109341888289D+01	-0.111758708954D-06	
				0.942470672544D+00	0.272343750000D+03	0.142854973313D+01	-0.838534928346D-08	
				-0.285011871888D-09	0.100000000000D+01	0.803000000000D+03	0.000000000000D+00	
				0.320000000000D+02	0.000000000000D+00	-0.186264514923D-08	0.444000000000D+03	
				0.259218000000D+06	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	
14 95	5 31	2 0	0.0	0.949203968048D-05	0.227373675443D-12	0.000000000000D+00		
				0.530000000000D+02	0.975000000000D+01	0.471126767178D-08	0.128543222190D+01	
				0.592321157455D-06	0.257966737263D-02	0.828318297863D-05	0.515353712463D+04	
				0.266400000000D+06	0.894069671631D-07	-0.207947817390D+01	-0.428408384323D-07	
				0.962957972733D+00	0.219593750000D+03	-0.313718908877D+01	-0.796783189218D-08	
				0.491091884520D-09	0.100000000000D+01	0.803000000000D+03	0.000000000000D+00	
				0.320000000000D+02	0.100000000000D+01	0.139698386192D-08	0.530000000000D+02	
				0.259218000000D+06	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	
31 95	5 31	2 0	0.0	0.670715235174D-04	0.673026079312D-10	0.000000000000D+00		
				0.700000000000D+02	-0.399375000000D+02	0.464412201775D-08	-0.115535381655D+00	
				-0.195577740669D-05	0.587858085055D-02	0.108592212200D-05	0.515356193733D+04	
				0.266400000000D+06	0.391155481339D-07	0.206816247330D+01	0.875443220139D-07	
				0.963259281193D+00	0.360656250000D+03	0.663070110777D+00	-0.851071164816D-08	
				0.892894335490D-11	0.100000000000D+01	0.803000000000D+03	0.000000000000D+00	
				0.320000000000D+02	0.000000000000D+00	0.139698386192D-08	0.326000000000D+03	
				0.259218000000D+06	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	0.000000000000D+00	

### 3.3.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS DE NAVEGAÇÃO

O processamento dos dados de navegação é feito com o Programa **RIMSRT**. O programa RIMSRT lê os arquivos de navegação e do almanaque (\*.rxn e \*.rxa), para armazenar os dados de navegação de uma sessão num arquivo especial de mensagens “**prjddd.msg**”.

Este programa também faz a verificação de dados para:

- mensagens idênticas,
- representação do tempo das efemérides transmitidas e parâmetros do relógio, e
- saúde dos satélites.

O RIMSRT armazena os dados de navegação num formato próprio (binário).

O conteúdo do arquivo especial de mensagens é:

- **Plataforma 1** : contém vários setores, com épocas dos dados e correções dos relógios dos satélites.
- **Plataforma 2+3**: contém também a época dos dados e as efemérides transmitidas
- **Plataforma 4** : contém almanaques para os satélites 25-32, modelos ionosféricos, dados UTC, *Antispoof* para os 32 satélites, configuração dos satélites, a saúde destes satélites e mensagens especiais.
- **Plataforma 5** : contém almanaque para os satélites 1-24 e saúde dos satélites 1-24.

### 3.3.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS DE UMA ESTAÇÃO

O processamento dos dados de uma estação é feito com o programa GNSNGL. O programa GNSNGL faz a estimação da posição de uma estação em aplicações estáticas e cinemáticas, podendo ser usado também para gerar ou aplicar correções diferenciais (DGPS). As correções diferenciais podem ser armazenadas ou lidas a partir do arquivo chamado prjddd.dif. O GNSNGL é usado também no processo de ajustamento seqüencial onde são aplicadas algumas correções como:

- Correções troposféricas e ionosféricas,
- Correções dos erros dos relógios dos satélites,
- Correções de efeitos relativísticos,
- Correção dos erros causados pela rotação da terra, e
- Correção do centro de fase da antena.

O GNSNGL, usa as medida de duas frequências para estimar as correções ionosféricas. Quando dispõe de uma única frequência, ele usa os parâmetros da ionosfera transmitidos na mensagem de navegação, para a correção das medidas de código e de fase.

O programa também estima alguns parâmetros de um polinômio, que podem ser usados na correção de erros do relógio do receptor.

A ultima etapa consiste na linearização das equações de observação(GEMAEL,1994):

$$l = L - L_0 = L - F(X_0) \quad (3.2)$$

Na equação (3.2) temos:

$X_0$ : Vector dos valores aproximados

$L$  : Vector das observações

$L_0$ : Vector das observações aproximadas em função dos valores

$$\text{aproximados } L_0 = f(X_0)$$

$\iota$  : Vector do erro de fechamento das observações.

Os vectores  $X_0$  e  $\iota$  são guardados no arquivo **GEONAP Measurement** também chamado arquivo GM.

Os arquivos GM são muito importantes no processamento uma vez que vários programas utilizam este arquivo como entrada. Os parâmetros do arquivo GM poderão ser modificados pelos programas GEONAP, GNUPDT ou GNAUPD. Os programas GNSHOW e GNPLLOT utilizam este arquivo (GM) para exibir as observações. O programa GNSLIP determina *cycle slips* usando o arquivo GM como entrada.

### 3.3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS DE CADA SESSÃO

O processamento dos dados de cada sessão é feito com o programa **GEONAP**. O GEONAP é o programa principal neste pacote de programas e processa os dados de todas as sessões. O programa é capaz de estimar e fixar as ambigüidades, fixar os *cycle slips* e por fim, determinar posições relativas com alta precisão.

É muito importante a característica do programa GEONAP de processar diferentes combinações lineares dos sinais do código e da portadora.

A determinação das ambigüidades com uma combinação linear ajuda na solução das ambigüidades para outras combinações. O método é: uma ambigüidade fixa para cada duas diferentes combinações lineares. X

O GEONAP usa os arquivos GM como entrada. Os arquivos GM precisam ser atualizados se uma ambigüidade ou *cycle slip* é

fixado. Então novamente os arquivos GM são usados como entrada para uma nova execução do GEONAP, embora as ambigüidades de todas as combinações lineares tenham sido solucionadas por processos interativos.

O método de estimação dos parâmetros usados pelo GEONAP consiste na combinação dos métodos:

- dos mínimos quadrados no modelo Gauss-Markov e
- filtro de Kalman.

O método dos mínimos quadrados é usado para parâmetros estáticos. E o método do filtro de Kalman é usado para estimar parâmetros dinâmicos.

A solução é um arquivo que contém as coordenadas ajustadas da estação e sua matriz variância-covariância.

### 3.3.5 AJUSTAMENTO DA REDE

O programa que faz o ajustamento da rede com os dados de todas as sessões ou das sessões selecionadas é o programa **GNPNET**. Ele usa o modelo de observação para o processo de ajustamento pelos mínimos quadrados e usa o arquivo solução de cada sessão como entrada. As observações são as coordenadas das estações, enquanto a matriz variância-covariância indica a correlação das observações.

O arquivo solução (\*.sol) contém as coordenadas do ajustamento absoluto com a matriz variância-covariância de cada sessão (ver item 3.6.1).

Existem outros programas secundários que fazem parte do pacote de programas GEONAP e que complementam o processamento de dados. Estes programas são usados segundo os

resultados dos programas principais. No sistema de programas GEONAP, não existe uma ordem definida para a utilização destes programas, temos que ir analisando os arquivos gerados na execução de cada um e rodar mais uma vez o programa com as opções que forem matematicamente mais apropriadas. Tudo isto se relaciona também ao método de posicionamento GPS utilizado, ao comprimento das bases, ao tempo de processamento etc., etc. É importante ir analisando os parâmetros de verificação do processamento do programa GEONAP (ver item 3.4).

Os programas secundários do sistema de programas GEONAP não são tratados neste trabalho e somente são mostradas no anexo 1, as opções de parâmetros dos mesmos. Eles são: GNUPDT, GNSLIP, GNAUPD, GNSHOW, GNPLLOT, entre outros.

A seguir são mostradas duas seqüências de processamentos diferentes utilizando o programa GEONAP (ver quadro 04).

## QUADRO 04 - SEQUÊNCIAS DO PROCESSAMENTO GEONAP

Rimsrt prj 146 1 para,curi
gnsngl prj 146 1 para -r -n -N5 -Dcorpara +c0 -s3
gnsngl prj 146 1 curi -r -n -N5 +Dcorpara +c0 -s3
geonap prj 146 1 para,curi -P
geonap prj 146 1 para,curi -a +F
geonap prj 146 1 para,curi +F -r +X -i1,0
gnaupd prj 146 1 para,curi
geonap prj 146 1 para,curi +F -r +X -i1,0

rimsrt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod
gnsngl bra 151 1 para -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 curi -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 bomj -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 areq -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 sant -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 fort -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 kour -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 mana -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 cuib -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 braz -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 vico -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 uepp -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 riod -r +c0 -N10 -d -s3
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod @sir.opt <sup>5</sup> -a -r -t2 -W4
gnslipt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -i -n3 -d1000
gnaupd bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -g
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod @sir.opt -a -r -t2 -W2
gnupdt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -X
gnupdt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -x
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -a -r -t2
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -a -r -t2 @sir.opt

<sup>5</sup> @sir.opt significa um desvio da linha do comando para o arquivo sir.opt que contém os comandos -Fsant,0.0001 - Fkour,0.0001 -Fareq,0.0001 e -Ffort,0.0001.



### 3.4 PARÂMETROS DE MONITORAÇÃO DO PROCESSAMENTO DE DADOS GEONAP

No processamento de dados com o GEONAP existem dois parâmetros que indicam a qualidade do processamento. Esses parâmetros são o  $SIGMA_0$  e o KONTRAST. O  $SIGMA_0$  é um parâmetro que é gerado quando o programa GEONAP é executado. Já o KONTRAST é gerado quando executa-se o programa GEONAP com o parâmetro -v. O  $SIGMA_0$  não deve variar de mais de 15% quando da aplicação do GEONAP com as mesmas opções.

#### 3.4.1 $SIGMA_0$

O  $SIGMA_0$  é um parâmetro que é função da observável utilizada e/ou da combinação empregada na resolução das ambigüidades, por exemplo:

- os valores para a solução flutuante são próximos de 1,0
- os valores para a solução fixa com a opção +X variam de 0 a 0,5 e com  $L_0$  são próximos de 1,0.

#### 3.4.2 KONTRAST

O parâmetro KONTRAST fornece a correlação na resolução das ambigüidades e contribui na indicação de que uma resolução correta foi ou não encontrada pelo algoritmo, os valores do KONTRAST tem que ser maiores que 15<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> FONTE: Manual GEONAP e Manual GNRT-K

### 3.5 ARQUIVOS DO BANCO DE DADOS GEONAP

#### 3.5.1 REGULAMENTOS DEFINIDOS

O banco de dados do pacote de Programas GEONAP consiste em um número de arquivos alfanuméricos, cada um deles contendo informações específicas. Exemplos destes arquivos do banco de dados geonap estão mostrados nos quadros 05, 06, 07, 08 e 09.

O formato dos arquivos tem os seguintes regulamentos definidos:

- 1) Uma frase de dados lógicos contidos numa linha, com finais (ends), avanço de linha (LF), ou retorno do carro e avanço de linha (CR-LF), em alguns casos a frase de dados lógicos pode ter continuidade na linha seguinte. A continuação da linha tem que ser anunciada pelas aspas ("), colocadas na frente do LF ou CR-LF da linha anterior.
- 2) A frase de dados contém numerosas entradas, que são separadas por espaços, tabulações ou ponto e vírgula. Se uma entrada for um dos símbolos citados anteriormente ('ou "), então o símbolo tem que ser repetido duas vezes.
- 3) O arquivo pode conter várias linhas de comentários. A linha de comentário inicia com o símbolo # na primeira coluna.

### 3.5.2 SINTAXE DOS ARQUIVOS

A seguinte descrição define as sintaxes dos arquivos como são usados no sistema de programas GEONAP:

- 1) As entradas escritas entre colchetes são opcionais, as informações contidas não são realmente necessárias.
- 2) Duas entradas separadas por um “|” . podem ser usadas alternadamente.
- 3) Alguns parâmetros podem ser lidos na forma de loops implícitos. Estes loops implícitos (var(i),j)=1,n) são usados seguindo a sintaxe da linguagem de programação FORTRAN.
- 4) Cada entrada é especificada com um certo tipo de dados que também é definido seguindo a definição do formato de tipo de dados usado na linguagem de programação FORTRAN (GeoSpace,1994).

### 3.5.3 SUFIXOS DOS ARQUIVOS

Os sufixos usados no banco de dados GEONAP são:

- **ant** - Arquivo do banco de dados GEONAP: antenas
- **rcv** - Arquivo do banco de dados GEONAP: receptores
- **clk** - Arquivo do banco de dados GEONAP: relógios
- **obs** - Arquivo do banco de dados GEONAP: observações
- **sta** - Arquivo do banco de dados GEONAP: estações
- **age** - Arquivo do banco de dados GEONAP: agências

- **ope** - Arquivo do banco de dados GEONAP: operadores
- **prj** - Arquivo do banco de dados GEONAP: projetos

Os quadros 05, 06, 07, 08 e 09 a seguir mostram os arquivos `bra.sta`, `bra.obs`, `gps.ant` e `gps.rcv` criados seguindo os regulamentos do banco de dados GEONAP, os arquivos `gps.ant` e `gps.rcv` são arquivos do próprio GEONAP, mas podem ser atualizados ou modificados segundo as necessidades do processamento dos dados GPS.

#### QUADRO 05 - ARQUIVO DO BCO. DE DADOS GEONAP `bra.sta`

ESTAÇÃO	NÚMERO	NOME	LATITUDE			LONGITUDE			ALTITUDE
para	"0001"	para	-25	26	54.1362	-49	13	51.4116	925.8679
curi	"0002"	curi	-25	26	54.5700	-49	13	52.1800	923.88
bomj	"0003"	bomj	-13	15	20.01006	-43	25	18.24472	419.4301
riog	"0004"	riog	-53	47	7.71753	-67	45	4.04286	31.0758
areq	"0005"	areq	-16	27	55.85264	-71	29	34.05006	2488.9361
sant	"0006"	sant	-33	9	1.04322	-70	40	6.80183	723.0478
kour	"0007"	kour	5	15	7.84785	-52	48	21.45277	-25.7474
fort	"0008"	fort	-3	52	38.80726	-38	25	32.20384	19.4870
braz	"0009"	braz	-15	56	50.91400	-47	52	40.32685	1106.0174
cuib	"0010"	cuib	-15	33	18.94630	-56	4	11.51852	237.3810
impz	"0011"	impz	-5	29	30.35743	-47	29	50.04214	105.0122
mana	"0012"	mana	-3	6	58.14400	-60	3	21.70937	40.1842
uepp	"0013"	uepp	-22	7	11.65896	-51	24	30.72253	430.9578
vico	"0014"	vico	-20	45	41.40381	-42	52	11.95889	666.0097
riod	"0015"	riod	-22	49	4.44231	-43	18	23.29074	-10.5254

QUADRO 06- ARQUIVO DO BCO. DE DADOS GEONAP bra.obs

ANO	DIA	SESSÃO	ESTAÇÃO	ALTURA ANTENA	C. RECEPTOR	C. ANTENA
1995	147	1	para	0.2260	trse	trss
1995	147	1	curi	1.3110	asp4	asp4
1995	147	1	bomj	0.0720	asp4	asp4
1995	147	1	riod	0.0722	asp4	asp4
1995	147	1	mana	0.0720	asp4	asp4
1995	147	1	cuib	0.1375	asp4	asp4
1995	147	1	fort	0.6430	rgn8	tgn8
1995	147	1	sant	0.0930	rgn8	rgn8
1995	147	1	braz	0.0070	rgn8	tgn8
1995	147	1	vico	0.0720	asp4	asp4
1995	147	1	impz	0.1420	asp4	asp4
1995	147	1	uepp	0.0722	trse	trcl
1995	147	1	areq	0.0610	rgn8	tgn8
1995	147	1	kour	0.1320	rgn8	bgn8
1995	149	1	para	0.2260	trse	trcl
1995	149	1	curi	1.3110	asp4	asp4
1995	149	1	bomj	0.0720	asp4	asp4
1995	149	1	riod	0.0722	asp4	asp4
1995	149	1	mana	0.0720	asp4	asp4
1995	149	1	cuib	0.1375	asp4	asp4
1995	149	1	fort	0.6430	rgn8	tgn8
1995	149	1	sant	0.0930	rgn8	rgn8
1995	149	1	braz	0.0070	rgn8	tgn8
1995	149	1	vico	0.0720	asp4	asp4
1995	149	1	impz	0.1420	asp4	asp4
1995	149	1	uepp	0.0722	trse	trcl
1995	149	1	areq	0.0610	rgn8	tgn8
1995	149	1	kour	0.1320	rgn8	bgn8
1995	151	1	para	0.2260	trse	trcl
1995	151	1	curi	1.3110	asp4	asp4
1995	151	1	bomj	0.0720	asp4	asp4
1995	151	1	riod	0.0722	asp4	asp4
1995	151	1	mana	0.0720	asp4	asp4
1995	151	1	cuib	0.1375	asp4	asp4
1995	151	1	fort	0.6430	rgn8	tgn8
1995	151	1	sant	0.0930	rgn8	rgn8
1995	151	1	braz	0.0070	rgn8	tgn8
1995	151	1	vico	0.0720	asp4	asp4
1995	151	1	impz	0.1420	asp4	asp4
1995	151	1	uepp	0.0722	trse	trcl
1995	151	1	areq	0.0610	rgn8	tgn8
1995	151	1	kour	0.1320	rgn8	bgn8

**QUADRO 07 - ARQUIVO DO BCO. DE DADOS GEONAP gps.ant**

# Trimble :
trd2 "Trimble 4000 SD-2" "Trimble Inc." 5 2 5 C1 L1 1 L2 2 D1 D2 trd2 trmb
trd1 "Trimble 4000 SD-1" "Trimble Inc." 10 1 3 C1 L1 1 D1 trd1 trmb
trsx "Trimble 4000 SX" "Trimble Inc." 5 1 3 C1 L1 1 D1 trsx trmb
trsl "Trimble 4000 SL" "Trimble Inc." 5 1 3 C1 L1 1 D1 trsl trmb
trst "Trimble 4000 ST" "Trimble Inc." 8 1 3 C1 L1 1 D1 trsl trmb
trs2 "Trimble 4000 STD" "Trimble Inc." 8 2 5 C1 L1 1 L2 2 D1 D2 trs2 trmb
trss "Trimble 4000 SST" "Trimble Inc." 8 2 5 C1 L1 1 L2 2 D1 D2 trss trmb
trsp "Trimble SST P-Code" "Trimble Inc." 12 2 5 C1 P2 L1 1 L2 1 D1 trss trmb
trse "Trimble SSE P-Code" "Trimble Inc." 12 2 5 C1 P2 L1 1 L2 1 D1 trss trmb
# Texas Instruments :
ti41 "TI 4100 " "Texas Instruments Inc." 4 2 \
6 P1 P2 L1 1 L2 1 D1 D2 ti41 ti41
ti42 "2*TI 4100 " "Texas Instruments Inc." 7 2 \
6 P1 P2 L1 1 L2 1 D1 D2 ti41 ti41
# Prakla Seismos :
ps87 "PS 8700" "Prakla Seismos AG" 5 1 3 C1 L1 1 D1 ps87 ps87
# Mini-Mac :
mc16 "Mini-Mac 2816" "Aero Service" 8 2 3 C1 L1 1 L2 2 mc16 mc16
# ASHTECH :
as12 "ASHTECH L-XII / M-XII ab 11-89" "Ashtech Inc." 12 1 2 C1 L1 1 as12 as12
# benstrct-Version ab 11-89 :
as13 "ASHTECH L-XII / M-XII ab 11-89" "Ashtech Inc." 12 1 2 C1 L1 1 as13 as12
# benstrct-Version ab 11-89 incl. Doppler :
asv3 "ASHTECH L-XII / M-XII ab 11-89 + Doppler" "Ashtech Inc." 12 1 3 C1 L1 1 D1 as12 as12
# ASCII-MBEN vom Programmed Serial Port :
as10 "ASHTECH XII" "Ashtech Inc." 12 1 2 C1 L1 1 as12 as12
# DUal Frequency Ashtech :
as23 "ASHTECH LD-XII / MD-XII ab 11-89" "Ashtech Inc." 12 2 4 C1 L1 1 L2 2 D1 as24 as12
# DUal Frequency Ashtech - Software Version seit August 1990 :
as24 "ASHTECH LD-XII / MD-XII ab 08-90" "Ashtech Inc." 12 2 4 C1 L1 1 L2 2 D1 as24 as12
# Ashtech P-Code L1+L2 :
asp4 "ASHTECH P-12 L1+L2 P-Code" "Ashtech Inc." 12 2 6 P1 L1 1 P2 L2 1 D1 D2 asp4 as12
# Ashtech Raw Version 3, C/A-L1 Squaring L2 :
asp5 "ASHTECH MD-XII ab Firmware 6A" "Ashtech Inc." 12 2 4 C1 L1 1 L2 2 D1 \
asp4 as12

FONTE: Arquivo gps.ant pertencente ao banco de dados do programa GEONAP

**QUADRO 08 - ARQUIVO DO BCO. DE DADOS GEONAP gps.ant**  
**(CONTINUAÇÃO)**

# Ashtech Raw Version 3, C/A-L1 P-Code L2 :
asp6 "ASHTECH ME-XII L2 P-Code" "Ashtech Inc." 12 2 6 C1 L1 1 P2 L2 1 D1 D2 asp4 as12
# Ashtech Raw Version 3, C/A-L1 DIMENSION
asp7 "ASHTECH M-XII / DIMENSION" "Ashtech Inc." 12 1 3 C1 L1 1 D1 asp4 as12
# Ashtech Real Time Data P-Code L1+L2 :
asr4 "ASHTECH XII" "Ashtech Inc." 12 2 6 P1 L1 1 P2 L2 1 D1 D2 asp4 as12
# Ashtech Real Time Data C/A-L1 Squaring L2 :
asr5 "ASHTECH XII" "Ashtech Inc." 12 2 4 C1 L1 1 L2 2 D1 as24 as12
# Ashtech Raw Version 3, C/A-L1 P-Code L2 :
asr6 "ASHTECH Z-XII C/A-P1 L2 P-Code" "Ashtech Inc." 12 2 7 P1 C1 L1 1 P2 L2 1 D1 D2 asp4 as24
# Single Frequency Ashtech - Software Version since August 1990 :
as14 "ASHTECH XII" "Ashtech Inc." 12 1 3 C1 L1 1 D1 as12 as12
# Sercel NR52 :
sc52 "Sercel NR52" "Sercel" 5 1 2 C1 L1 1 sc52 sc52
# Sercel NR101 :
sc10 "Sercel NR10" "Sercel" 10 1 2 C1 L1 1 sc10 sc10
# Sercel NR101 :
sr10 "Sercel NR10" "Sercel" 10 1 2 C1 L1 1 sc10 sc10
# Rogue :
rgn8 "ROGUE SNR 8" "Allan Osborne Asc." 8 2 \
4 P1 P2 L1 1 L2 1 rgn8 rgn8
# SEL Globos 2000 :
sl20 "SEL Globos 2000" "SEL/Alcatel" 6 1 3 C1 L1 1 D1 sl20 sl20
# NAVSTAR XR4 :
nxr4 "Navstar XR4" "Navstar Ltd." 8 1 3 C1 L1 1 D1 nxr4 nxr4
# NAVSTAR XR5M6 :
nxr5 "Navstar XR5M6 - XR5M12" "Navstar Ltd." 12 1 3 C1 L1 1 D1 nxr5 nxr5
# Magnavox MX4200 :
mx42 "Magnavox MX 4200" "Magnavox" 6 1 2 C1 L1 1 mx42 mx42
# Wild-Leica SR299 :
le24 "Wild-Leica SR299" "Wild-Leica" 9 2 4 C1 L1 1 P2 L2 1 le24 le24

## QUADRO 09- ARQUIVO DO BCO. DE DADOS GEONAP gps.rcv

# Trimble
trd1 "Trimble 4000 SD-1" "Trimble Inc." 2 0.0 +0.0031 0.0 +0.0038 +0.0020 0.0
trd2 "Trimble 4000 SD-2" "Trimble Inc." 2 0.0 +0.0031 0.0 +0.0038 +0.0020 0.0
trsx "Trimble 4000 SX" "Trimble Inc." 1 +0.0018 -0.0033 +0.0060
trsl "Trimble 4000 SL" "Trimble Inc." 1 +0.0018 -0.0033 +0.0060
#trs2 "Trimble 4000 SL" "Trimble Inc." 2 +0.0018 -0.0033 +0.0060
trs2 "Trimble 4000 ST-2" "Trimble Inc." 2 0.0 +0.0031 0.0 +0.0038 +0.0020 0.0
trss "Trimble 4000 SST-2" "Trimble Inc." 2 0.0 +0.0031 0.0 +0.0038 +0.0020 0.0
trc1 "Trimble 4000 SST-2" "Trimble Inc." 2 0.0 +0.0 0.007 +0.0 +0.0 0.005
trc2 "Trimble 4000 SST-2" "Trimble Inc." 2 0.0 +0.0 0.0034 +0.0 +0.0 0.0034
#ti41 "TI 4100 " "Texas Instruments Inc." 2 0.0 0.0 0.227 0.0 0.0 0.202
ti41 "TI 4100" "Texas Instruments Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
ps87 "PS8700" "Prakla Sesimos AG." 1 0.0 0.0 0.0
tigs "TI 4100 " "Texas Instruments Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
mc16 "Mini-Mac 2816" "Aero Service" 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
as12 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 1 0.0 0.0 0.0
as13 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 1 0.0 0.0 0.0
as24 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
asp4 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
asg1 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
asg2 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
asg3 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
asm2 "ASHTECH XII" "ASHTECH Inc." 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
sc52 "Sercel NR52" "Sercel" 1 0.0 0.0 0.0
sc10 "Sercel NR101" "Sercel" 1 0.0 0.0 0.0
# ROGUE
rgn8 "ROGUE SNR 8" "Allan Osborne Asc." 2 0.0 0.0 0.078 0.0 0.0 0.096
bgn8 "ROGUE SNR 8" "Allan Osborne Asc." 2 0.0 0.0 0.078 0.0 0.0 0.096
tgn8 "ROGUE SNR 8" "Allan Osborne Asc." 2 0.0 0.0 0.110 0.0 0.0 0.128
sl20 "SEL Globos 2000" "SEL/Alcatel" 1 0.0 0.0 0.0
nrx4 "NAVSTAR XR4" "Navstar Ltd." 1 0.0 0.0 0.0
nrx5 "NAVSTAR XR5" "Navstar Ltd." 1 0.0 0.0 0.0
mx42 "Magnavox MX 4200" "Magnavox" 1 0.0 0.0 0.0
# Leica
le24 "Wild Leica SR299" 2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

FONTE: Arquivo gps.rcv pertencente ao banco de dados do programa GEONAP



### 3.6 ARQUIVOS COM FORMATO INTERNO GEONAP

O sistema de programas GEONAP cria no processamento dos dados alguns arquivos especiais, cada um deles com formatos diferentes. Eles são identificados pelos seguintes sufixos:

- **kin** - arquivo de controle para os métodos *Stop-go*, Pseudo-cinemático e cinemático.
- **msg** - mensagem de navegação, arquivo produzido depois de ser usado o programa RIMSRT.
- **gm** - arquivo de observações linearizadas, arquivo produzido depois de rodar o programa GNSNGL.
- **sol** - arquivo solução, arquivo produzido depois de rodar o programa GEONAP, GNPNET ou GNSNGL.
- **amb** - arquivo de ambigüidades, arquivo criado depois de rodar o programa GNSLIP e GEONAP.
- **orb** - arquivo que planeja a matriz de ajustamento dos parâmetros orbitais.

A seguir mostramos o formato de dois destes arquivos especiais do formato interno GEONAP. Eles são: o arquivo solução e o arquivo ambigüidade.

### 3.6.1 FORMATO DO ARQUIVO SOLUÇÃO

Os programas GNSNGL, GEONAP e GNPNET calculam os arquivos solução. O programa gnsngl calcula o arquivo solução para uma estação, o programa GEONAP para uma sessão e o programa gnpnet calcula o arquivo solução para todo o projeto ou as sessões selecionadas.

O formato de apresentação do arquivo solução é formado por duas partes:

STA1 X1 Y1 Z1

STA2 X2 Y2 Z2

...

STAn Xn Yn Zn

$$Q_{11} = \begin{bmatrix} X_1X_1 & X_1Y_1 & X_1Z_1 \\ Y_1X_1 & Y_1Y_1 & Y_1Z_1 \\ Z_1X_1 & Z_1Y_1 & Z_1Z_1 \end{bmatrix}$$

$$Q_{12} = \begin{bmatrix} X_1X_2 & X_1Y_2 & X_1Z_2 \\ Y_1X_2 & Y_1Y_2 & Y_1Z_2 \\ Z_1X_2 & Z_1Y_2 & Z_1Z_2 \end{bmatrix}$$

...

$$Q_{1n} = \begin{bmatrix} X_1X_n & X_1Y_n & X_1Z_n \\ Y_1X_n & Y_1Y_n & Y_1Z_n \\ Z_1X_n & Z_1Y_n & Z_1Z_n \end{bmatrix}$$

$$Q_{21} = \begin{bmatrix} X_2X_1 & X_2Y_1 & X_2Z_1 \\ Y_2X_1 & Y_2Y_1 & Y_2Z_1 \\ Z_2X_1 & Z_2Y_1 & Z_2Z_1 \end{bmatrix}$$

$$Q_{22} = \begin{bmatrix} X_2X_2 & X_2Y_2 & X_2Z_2 \\ Y_2X_2 & Y_2Y_2 & Y_2Z_2 \\ Z_2X_2 & Z_2Y_2 & Z_2Z_2 \end{bmatrix}$$

...

$$Q_{2n} = \begin{bmatrix} X_2X_n & X_2Y_n & X_2Z_n \\ Y_2X_n & Y_2Y_n & Y_2Z_n \\ Z_2X_n & Z_2Y_n & Z_2Z_n \end{bmatrix}$$

...

$$Q_{nn} = \begin{bmatrix} X_nX_n & X_nY_n & X_nZ_n \\ Y_nX_n & Y_nY_n & Y_nZ_n \\ Z_nX_n & Z_nY_n & Z_nZ_n \end{bmatrix}$$

A primeira parte do arquivo contém, linha por linha, o nome da estação e as três coordenadas cartesianas geocêntricas no formato XYZ.

A segunda parte do arquivo contém a matriz triangular superior da matriz variância-covariância em forma de submatrizes 3x3 escritas linha por linha, como indica a submatriz  $Q_{i,j}$  :

$$Q_{i,j} = \begin{bmatrix} qxixj & qxiyj & qxizj \\ qyixj & qyiyj & qyizj \\ qzixj & qziyj & qzizj \end{bmatrix}$$

A matriz variância-covariância é representada aqui por:

$$Q_{xx} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1n} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{n1} & Q_{n2} & \dots & Q_{nn} \end{bmatrix}$$

### 3.6.2 FORMATO DO ARQUIVO AMBIGÜIDADE

Os programas GEONAP e GNSLIP geram os arquivos ambigüidade (prj[yy]ddd[s[s]].amb), que contêm informações sobre a estimativa ou determinação de ambigüidades ou “*cycle slips*”. O programa GNAUPD com a opção “-g” usa este arquivo depois de ser rodado o programa gnslip para novamente atualizar as ambigüidades e “*cycle slips*” assinalados no arquivo. Por outro lado, fora da opção “-g”, o processo de atualização utiliza os arquivos de ambigüidades de cada estação sta[yy]ddd[s[s]].amb, quando geradas pelo programa GEONAP, para atualizar as ambigüidades e *cycle slips* (GEOSPACE, 1994).

O formato do arquivo ambigüidade, gerado pelo programa gnslip, é:

época	estação	prn	sinal	slip/amb	fixo	valor
-------	---------	-----	-------	----------	------	-------

O formato do arquivo ambigüidade, gerado pelo programa GEONAP, é:

época	prn	sinal	slip/amb	fixo	valor
-------	-----	-------	----------	------	-------

onde:

- época** - número da época onde o *cycle slip* ou ambigüidade foi detectada.
- estação** - iniciais do receptor indicado
- prn** - número do satélite
- sinal** - número da combinação linear usada
- slip/amb** - indica se é um *cycle slip* (0) ou ambigüidade (1)
- fixo** - indica se o *cycle slip* ou a ambigüidade foi fixada
- valor** - valor para a ambigüidade ou *cycle slip*.

### 3.7 ESTRUTURA DOS COMANDOS GEONAP

O sistema de programas GEONAP foi desenvolvido no ambiente UNIX e pode ser executado e controlado, na maioria dos casos, com uma única linha de comando, ou, como foi descrito no item (3.3.1), com mais de uma linha de comando.

A seguir é mostrada uma típica linha de comando chamando um programa:

**comando prj|yy|ddd[s[s]]rcv1[,rcv2[,...]][-o1[-o2...]]** (3.3)

Na equação anterior (3.3), comando é o nome do programa a ser executado, **prj|yy|ddd[s[s]]rcv1[,rcv2[,...]]** são os parâmetros que dependem da posição, enquanto **[-o1[-o2...]]** são as opções que poderão ser usadas no comando do programa.

Os parâmetros dependentes da posição são:

- **prj** - Iniciais do projeto
- **yy** - Ano da observação
- **ddd** - Dia do ano (GPS)
- **ss** - Número da sessão
- **rcv1** - Iniciais da primeira estação
- **rcv2** - Iniciais da segunda estação.

#### 4. SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA A AMÉRICA DO SUL (PROJETO SIRGAS)

O Projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul) foi criado em Assunção, Paraguai, durante a Conferência Internacional para Definição de um Datum Geocêntrico para a América do Sul, ocorrida de 04 a 07 de outubro de 1993, a convite das entidades patrocinadoras: Associação Internacional de Geodesia (IAG), Instituto Pan-americano de Geografia e História (IPGH) e Agência Cartográfica do Departamento de Defesa dos EUA (DMA). Participaram desta conferência representantes de cada uma das entidades patrocinadoras e de quase todos os países sul-americanos (SIRGAS, 1994a).

O presidente do comitê do projeto SIRGAS, Eng. Luiz Paulo Souto Fortes, relata no Boletim Informativo No. 1 o que se propõe este projeto:

“O desenvolvimento do projeto SIRGAS compreende as atividades necessárias à adoção no continente de uma rede de referência de precisão compatível com as atuais técnicas de posicionamento, notadamente as associadas ao sistema de Posicionamento Global (GPS). Considerando a proliferação do uso do GPS, referir estes novos levantamentos a uma estrutura geodésica existente, implantada basicamente pela utilização dos métodos clássicos (Triangulação, poligonação, trilateração, etc.) e cuja precisão é pelo menos dez vezes pior que a fornecida facilmente com o GPS, implica, no mínimo, em desperdícios de recursos. Além disto, a multiplicidade de sistemas geodésicos clássicos, adotados pelos países sul-americanos, dificulta em muito a solução de problemas tecnicamente simples, tais como a definição de fronteiras internacionais. Por outro lado, a adoção do sistema ITRF como referência, além de garantir a homogeneização de

resultados internamente ao continente, permitirá uma integração consistente com as redes dos demais continentes, contribuindo cada vez mais para o efetivo desenvolvimento de uma Geodésia Global.”

#### 4.1 OBJETIVOS

- Definir um sistema de referência para a América do Sul
- Estabelecer e manter uma rede de referência, e
- Definir e estabelecer um Datum Geocêntrico.

Os objetivos relacionados à definição do Sistema de Referência e do Datum Geocêntrico para o continente, foram atingidos ainda na conferência de Assunção, tendo sido escolhidos:

- Sistema de Referência SIRGAS: IERS (*International Earth Rotation Service*) *Terrestrial Reference Frame* (ITRF);
- Datum Geocêntrico: eixos coordenados baseados no sistema de referência SIRGAS e parâmetros do elipsóide “*Geodetic Reference System (GRS) of 1980*”.

#### 4.2 ESTRUTURA DO PROJETO

Na estrutura do projeto SIRGAS encontram-se dois grupos de trabalho: o Grupo de Trabalho I, que trata do Sistema de Referência, e o Grupo de Trabalho II, que trata do Datum Geocêntrico.

#### **4.2.1 GRUPO DE TRABALHO 1 - SISTEMA DE REFERÊNCIA**

Este grupo tem como objetivo estabelecer o Sistema de Referência para o continente.

O Grupo de trabalho 1, com a colaboração de todos seus representantes e assessores científicos, preparou a campanha SIRGAS'1995, manteve atualizada a informação necessária prévia às medições e formulou as especificações técnicas necessárias para as medições GPS da campanha.

A campanha GPS SIRGAS'95 foi realizada do dia 26 de maio de 1995, 0 horas TU, até o dia 4 de junho de 1995, 24 horas TU (10 dias). As estações mediram simultaneamente durante 24 horas.

O Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, através do convênio Brasil - Alemanha, participou desta campanha com a estação Curitiba (PARA).

##### **4.2.1.1 NÚMERO DE ESTAÇÕES, PAÍSES E INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES**

Foram executadas medições em 57 estações principais e oito excêntricas em onze países, conforme indica a figura 07. Esses países são: Argentina, com 10 estações, Bolívia, com 6 estações, Brasil, com 11 estações, Chile, com 7 estações, Colômbia, com 5 estações, Equador, com 3 estações, Guiana Francesa com 1 estação, Paraguai, com 2 estações, Peru, com 4 estações, Uruguai, com 3 estações e Venezuela, com 5 estações (ver quadro 10).



As estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)<sup>7</sup> também pertencem à rede de referência SIRGAS. Isto garante que os novos posicionamentos, a partir da RBMC, produzam resultados já referidos ao Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul.

#### **4.2.1.2 TIPO DE RECEPTORES USADOS NA CAMPANHA**

Foram utilizados os seguintes tipos de instrumentos: Ashtech Z12, Trimble SSE/SSI, Turbo Rogue e Wild Leica System 200.

Em geral não aconteceram interrupções nas medições das distintas estações, pelo que esta campanha pode ser considerada um grande sucesso para o projeto SIRGAS.

#### **4.2.1.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS**

Quatro centros mostraram interesse em processar total ou parcialmente a Rede SIRGAS, tendo sido proposta a utilização de diferentes softwares científicos com a finalidade de se ter controles diferentes do processamento. Estes centros são:

- DGFI (Munique, Alemanha)
- IBGE (Rio de Janeiro, Brasil)
- DMA (Washington, EUA)
- IfE (Hannover, Alemanha)/ Universidade Federal do Paraná (Paraná, Brasil).

---

<sup>7</sup> Esta rede é formada por sete estações GPS permanentes distribuídas ao longo do território nacional, estabelecidas pelo IBGE em cooperação com outras instituições brasileiras. Além destas, duas estações IGS (Fortaleza e Brasília) estão integradas à estrutura da RBMC, estabelecendo-se um conjunto de nove estações no total. (Fortes, 1991).





# QUADRO 10 - ESTAÇÕES SIRGAS

ESTAÇÕES SIRGAS	LAT.	LONG.	INSTR.	INSTITUIÇÃO
<b>ARGENTINA</b>				
SALTA	-24.70	-65.50	SSE	U. TUCUMAN / GFZ
PUERTO IGUAZU	-25.60	-54.55	Z12+LEICA	IGM ARGENTINA/DGFI
VILLA ROBLES	-27.91	-64.12	Z12	U. TUCUMAN
CRICYT	-32.80	-68.20	Z12	UAGG MENDOZA
MORRO	-33.27	-65.48	Z12	UAGG MENDOZA
LA PLATA	-34.91	-57.93	T. ROGUE	OBS. LA PLATA / GFZ
LOTE 24	-38.13	-66.09	SSE	UAGG MENDOZA
EL MAITEN	-42.01	-71.21	LEICA+SSE	CAT.RIO NEGRO / DGFI
LOTE 10B	-46.04	-68.47	SSE	DGFI
RIO GRANDE	-53.79	-67.75	T. R.+LEICA	OBS. LA PLATA / GFZ / DGFI / U. DRESDEN
<b>BOLÍVIA</b>				
RIBERALTA	-11.02	-66.07	SSE	IGM BOLÍVIA
CLARA	-15.81	-63.18	SSE	IGM BOLÍVIA
HUICHURAYA	-17.03	-68.47	SSE	IGM BOLÍVIA
S.J. DE CHIQUITOS	-17.87	-60.77	SSE	IGM BOLÍVIA
CAMIRI	-20.03	-63.55	SSE	IGM BOLÍVIA
OLLAGUE	-21.35	-68.03	SSE	IGM BOLÍVIA
<b>BRASIL</b>				
MANAUS	-03.12	-60.06	Z12	IBGE
FORTALEZA	-03.88	-38.43	T. ROGUE	IGS/CRAA/INPE/NOAA
IMPERATRIZ	-05.50	-47.47	Z12	IBGE/IfE Hannover
BOM JESUS DA LAPA	-13.25	-43.42	Z12	IBGE
CUIABÁ	-15.55	-56.07	Z12	IBGE/IfE Hannover
BRASÍLIA	-15.95	-47.88	T. ROGUE	IGS/IBGE/JPL
VIÇOSA	-20.75	-42.90	Z12	IBGE/UFV
PRESIDENTE PRUDENTE	-22.12	-51.41	SSE	IBGE/UNESP/EPUSP
CACHOEIRA	-22.69	-44.98	SSE	IBGE
RIO DE JANEIRO	-22.82	-43.30	Z12	IBGE
CURITIBA	-25.45	-49.23	SSE+Z12	UFPR/IfE Hannover
<b>CHILE</b>				
ANTOFAGASTA	-23.38	-70.38	T. ROGUE	IGM CHILE/GFZ
A. CHAMOHATE	-27.28	-70.40	SSE	IGM/CHILE
ISLA DE PASCUA	-27.15	-109.43	T. ROGUE	IGS
SANTIAGO	-33.12	-70.68	T. ROGUE	IGS
CARRIEL SUR	-36.78	-73.05	SSE	IGM CHILE
BALMACEDA	-45.92	-71.70	SSE	IGM CHILE
A. CARLOS IBAÑEZ	-53.00	-70.85	SSE	IGM CHILE
<b>COLÔMBIA</b>				
CARTAGENA	+10.38	-75.50	LEICA	AGUSTIN CODAZZI
BOGOTÁ	+04.64	-74.08	T.R. + LEICA	IGS/AGUSTIN CODAZZI
PUERTO INIRIDA	+03.83	-67.90	LEICA	AGUSTIN CODAZZI
PASTO	+01.38	-77.28	LEICA	AGUSTIN CODAZZI
LETICIA	-04.20	-69.93	LEICA	AGUSTIN CODAZZI

### QUADRO 10 (CONTINUAÇÃO)

ESTAÇÕES SIRGAS	LAT.	LONG.	INSTR.	INSTITUIÇÃO
<b>EQUADOR</b>				
GALAPAGOS	-00.46	-90.26	Z12	IGM ECUADOR / IGN
LATACUNHA	-01.00	-78.60	Z12	IGM ECUADOR / IGN
ZAMORA	-04.05	-78.93	Z12	IGM ECUADOR / IGN
<b>GUIANA FRANCESA</b>				
KOUROU	+05.13	-52.62	T. ROGUE	ESA / IGS
<b>PARAGUAI</b>				
M. ESTIGARRIBIA	-22.00	-61.00	Z12	DSGM PARAGUAY /DMA
ASUNCIÓN	-25.00	-58.00	Z12	DSGM PARAGUAY /DMA
<b>PERÚ</b>				
IQUITOS	-03.73	-73.23	SSE	IGN PERÚ / DGFI
PIURA	-05.30	-80.20	LEICA	IGN PERÚ / U. FAF FRG
LIMA	-12.80	-76.80	LEICA+SSE	IGN PERÚ / U. FAF FRG / DGFI
AREQUIPA	-16.45	-71.48	T. ROGUE+ SSE+LEICA	IGS / IGN PERÚ / DGFI / U. FAF FRG
<b>URUGUAI</b>				
YACARE	-30.60	-57.42	Z12	SGM URUGUAY
CERRO VIGIA	-33.72	-53.58	Z12	U. DE LA REPÚBLICA
MONTEVIDEO	-34.88	-56.27	Z12+LEICA	FAC. DE INGENIERIA
<b>VENEZUELA</b>				
MARACAIBO	+10.77	-71.67	SSE+LEICA	EIG U. ZULIA / DGFI
JUNQUITO	+10.55	-66.87	SSE	DCN
LA CANOA	+08.57	-63.86	SSE	DCN / DIGECAFA / DGFI
AGUA LINDA	+05.88	-67.45	SSE	DCN / DIGECAFA / DGFI
KAMA	+05.39	-61.21	LEICA	DCN / DIGECAFA / DGFI

FONTE: SIRGAS, Boletim Informativo Nro 3, dezembro de 1995.

#### 4.2.2 GRUPO DE TRABALHO II - DATUM GEOCÊNTRICO

Este grupo tem por objetivo estabelecer um Datum Geocêntrico, mediante a extensão da rede GPS-SIRGAS e a integração das redes geodésicas existentes (SIRGAS,1994B).

## 5. PLANEJAMENTO DO PROJETO

### 5.1 INTRODUÇÃO

O planejamento deste trabalho de pesquisa teve início no mês de junho de 94, por sugestão do Prof. Dr. Milton Azevedo Campos, orientador desta pesquisa, depois de consulta ao Dr. Günter Seeber. A linha de pesquisa inicial, que era "Base Geodésica Sul Americana do Sistema de Posicionamento Global GPS" (ESTUPIÑÁN, 1992), ficou sem importância científica depois dos esboços iniciais do projeto SIRGAS, pois este projeto surgia como uma solução a todos os problemas que a pesquisa inicial se proporia a contornar. Esta pesquisa inicial tratava basicamente de definir uma base de estações fiduciais que daria apoio às redes nacionais GPS sul-americanas (entre elas a RBMC). Estas estações seriam algumas estações VLBI-SLR no território sul-americano que apresentassem a melhor configuração de rigidez, a rede SIRGAS inclui também entre suas estações todas estas estações fiduciais que no ajustamento da rede têm ordem Zero. Depois desta constatação e já imbuído na pesquisa inicial, só restou somar esforços, participar e acompanhar todo o desenvolvimento do projeto SIRGAS; a UFPR (Universidade Federal do Paraná) através do convênio Brasil-Alemanha propôs processar parcialmente os dados desta campanha usando o programa GEONAP (a UFPR não é centro de processamento do SIRGAS), afim de posterior comparação de resultados. Surgiu então este trabalho que além de processar parcialmente os dados do projeto SIRGAS, analisa a precisão dos resultados usando efemérides precisas e transmitidas, e analisa a exatidão da determinação de coordenadas da estação Curitiba (PARA).

## 5.2 ESCOLHA DAS ESTAÇÕES E DIAS A SEREM PROCESSADOS

As estações que participam deste projeto são praticamente todas as estações brasileiras que participaram da campanha SIRGAS'95 (menos a estação Cachoeira - IBGE), e mais três estações não brasileiras que foram utilizadas por serem estações definidas como pontos fiduciais<sup>8</sup>: Santiago (Chile), Kouru (Guiana Francesa) e Arequipa (Perú). Entre as estações brasileiras, Fortaleza é também uma estação definida como ponto fiducial.

No início deste trabalho de pesquisa havia-se optado por trabalhar só com o processamento das estações que usaram o receptor Turbo Rogue, por ser considerado na época um receptor de altíssimo padrão pela tecnologia utilizada na sua fabricação, e também com a finalidade de eliminar possíveis erros devido a multi-receptores. Mas, depois de saber que o IBGE não processaria mais os dados desta campanha utilizando o programa GEONAP, decidiu-se, com o aval do orientador, processar todas as estações brasileiras que participaram desta campanha e assim poder ter parâmetros de comparação de resultados com outros centros de processamento SIRGAS.

Devido ao grande volume de dados, foram processados somente três dias desta campanha: os dias do ano 147, 149 e 151, sem esquecer que foram observados 24 horas por dia. A estação Rio de Janeiro não foi processada no dia 147 e 149 por problemas com os dados.

---

<sup>8</sup> É chamado Ponto Fiducial a estação que injunciona o ajuste, é considerado como se fosse ponto quase fixo no ajustamento da rede.

### 5.3 OBTENÇÃO DOS DADOS DA CAMPANHA

Estavam previstos nesta campanha dois centros globais para armazenagem dos dados depois da coleta pelos organismos responsáveis de cada país, no caso do Brasil o IBGE. Estes centros globais são : DGFI (Munique, Alemanha) e IBGE (Brasil). Mas para este trabalho os dados foram obtidos diretamente da Universidade de Hannover, Alemanha, através do convênio Brasil Alemanha. As efemérides precisas foram obtidas diretamente do IGS via internet no formato sp1<sup>9</sup> e depois convertidas no formato sp3.

### 5.4 OBJETIVOS DESTE TRABALHO

- Analisar quanto mais preciso é o processamento de dados usando efemérides precisas, em comparação com o uso de efemérides transmitidas. Será que esta diferença de resultados é significativa?
- Analisar a diferença das coordenadas da estação PARA atualmente em uso e as calculadas no ajustamento total das estações brasileiras da rede SIRGAS. Esta estação está localizada no Laboratório de Geodésia Espacial do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná e faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo e da rede de referência do projeto SIRGAS.
- Constituir uma fonte na comparação de resultados do processamento de dados da rede SIRGAS, uma vez terminados e publicados oficialmente (abril de 1997).

---

<sup>9</sup> Os formatos SP1 (NGS orbital format SP1) e SP3 (NGS orbital format SP3) são formatos padrões de arquivos que contém as órbitas GPS, o formato SP3 é similar ao SP1 tendo a mais a posição e correção dos dados dos relógios dos satélites.

- Constituir um referencial para futuros usuários do sistema GEONAP, já que existem poucas informações sobre o uso deste Software e as disponíveis estão em alemão ou inglês.

## 6. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 6.1 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para a realização do processamento dos dados GPS coletados pelos diversos receptores que participaram da campanha, foi utilizando o sistema de programas GEONAP. O processamento de dados foi feito no Laboratório de Geodésia Espacial da UFPR. As estações processadas estão mostradas na Quadro 11.

**QUADRO 11 - ESTAÇÕES DA REDE SIRGAS PROCESSADAS**

NOME DA ESTAÇÃO	SIGLA	INSTITUIÇÃO	PAÍS
MANAUS	MANA	IBGE	BRASIL
FORTALEZA	FORT	IGS/INPE/NOAA	BRASIL
IMPERATRIZ	IMPZ	IBGE/IfE Hannover	BRASIL
BOM JESUS LAPA	BOMJ	IBGE	BRASIL
CUIABÁ	CUIB	IBGE/IfE Hannover	BRASIL
BRASÍLIA	BRAZ	IGS/IBGE/JPL	BRASIL
VIÇOSA	VICO	IBGE/UFV	BRASIL
RIO DE JANEIRO	RIOD	IBGE	BRASIL
CURITIBA	CURI	UFPR/IfE Hannover	BRASIL
PARANÁ	PARA	UFPR	BRASIL
PRESIDENTE PRUDENTE	UEPP	IBGE/UNESP/EPUSP	BRASIL
SANTIAGO	SANT	IGS	CHILE
KOUROU	KOUR	ESA/IGS	G. FR.
AREQUIPA	AREQ	IGS/IGN	PERU



### **6.1.1 CONSIDERAÇÕES EM RELAÇÃO AO PROCESSAMENTO DOS DADOS**

#### **6.1.1.1 SISTEMA DE REFERÊNCIA**

Foi adotado para o processamento o Sistema Referencial ITRF94, por ser na época do processamento o último fornecido pelo IERS.

#### **6.1.1.2 SELEÇÃO DAS ESTAÇÕES DEFINIDORAS DO SISTEMA**

Quatro estações foram consideradas como definidoras do sistema: Fortaleza, Santiago, Kourou e Arequipa. Elas foram escolhidas por terem sido determinadas com as técnicas posicionais espaciais de maior exatidão (ver figura 03) e pela sua posição geográfica (ao olhar a figura 08 verse-a que estas estações envolvem as estações brasileiras). Foram consideradas no processamento como pontos fiduciais e fixadas no ajustamento, ou seja, estes pontos não sofreram deslocamento no processamento dos dados e todas as outras estações foram ajustadas em relação a elas.

#### **6.1.1.3 EXCLUSÃO DE ESTAÇÕES NO PROCESSAMENTO**

Não foi processada a estação Cachoeira e também o dia do ano 147 e 149 da estação Rio de Janeiro por problemas com os dados.

#### **6.1.1.4 SUB-REDES POR INSTRUMENTOS**

Não foram considerados no processamento os tipos de receptores utilizados na campanha por não ser este o assunto principal deste trabalho, mas é uma boa sugestão para um trabalho de pesquisa.



FIGURA 08 - ESTAÇÕES SIRGAS PROCESSADAS



● ESTAÇÕES SIRGAS

● ESTAÇÕES SIRGAS CONSIDERADAS PONTOS FIDUCIAIS



#### 6.1.1.5 SÍNTESE DOS PASSOS SEGUIDOS NO PROCESSAMENTO

- 1) Criação dos arquivos que fazem parte do banco de dados GEONAP, sem os quais não é possível o processamento dos dados. Foram criados os arquivos: bras.obs e bras.sta (ver quadros 05 e 06).
- 2) Desenvolvimento de um pequeno programa executável que reorganizasse os arquivos \*.RXO, por terem sido a primeira dificuldade no processamento dos dados. Mesmo todos esses arquivos \*.RXO estarem no formato padrão RINEX, os programas utilizados por cada instituição de cada país participante da campanha para conversão de dados brutos em arquivos RINEX foram diversos, além que foram usados softwares para compressão de arquivos e diversos meios para envio desses arquivos aos centros de processamento SIRGAS. No momento de começar o processamento, o GEONAP acusava erros em alguns destes arquivos. Então foram analisados arquivo por arquivo procurando um denominador comum dos erros. Um dos erros encontrados foi pseudo distâncias menores que 1 ou negativas. Outro erro comum encontrado foi o deslocamento das colunas no formato dos arquivos rxo. Outro foi o espaçamento entre linhas consecutivas. Todos estes “pequenos erros” impossibilitavam o processamento dos dados. Por isso foi desenvolvido o aplicativo chamado rinex.exe (anexo 02) e foi utilizado em todos os arquivos que acusavam erros já no início do processamento.
- 3) A terceira etapa foi “limpar” um por um os arquivos de observação, ou seja, analisar em que intervalo das

observações os satélites apresentaram a melhor configuração, eliminar intervalos em que existam uma configuração mínima de satélites ou existam exageradas interrupções do sinal (*cycle slip*), etc. Com isto foi melhorado a precisão do trabalho, e em consequência aprimorou-se o  $\text{Sigma}_0$ .

- 4) Pesquisa da melhor seqüência dos programas GEONAP a serem utilizados em cada dia de processamento e as opções ótimas para cada conjunto de dados observacionais, sempre analisando o menor  $\text{Sigma}_0$  (ver anexo 03).
- 5) Processamento da rede de estações SIRGAS cada dia individualmente, até alcançar uma precisão compatível com a proposta deste trabalho ou seja, obter um  $\text{Sigma}_0$  próximo de 1. Para isto foi necessário repetir as etapas 3 e 4 muitas vezes (ver anexo 04).
- 6) Processamento da rede de estações SIRGAS cada dia individualmente utilizando no processamento efemérides precisas. Para isto foi feita somente uma alteração num dos parâmetros do programa GNUPDT, utilizando agora a opção “+p”, mantendo a mesma configuração ótima de parâmetros e programas usados na etapa anterior, incluindo o arquivo de efemérides precisas<sup>10</sup> do dia observado no formato Sp3. Desta forma pode-se comparar os resultados do processamento usando efemérides precisas e transmitidas (ver anexo 05).

---

<sup>10</sup> Os arquivos de efemérides precisas foram obtidos diretamente do IGS via internet.

- 7) Processamento e ajustamento dos três dias de observações da rede de estações SIRGAS com efemérides precisas (ver anexo 06).

## 6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em primeiro lugar, os resultados deste trabalho de pesquisa mostram a influência do erro orbital na precisão do posicionamento por satélites. Sabe-se, pela literatura especializada (SEEBER, 1993), que as efemérides transmitidas são determinadas com exatidão de 15m a 25m e as efemérides precisas (fornecidas pelo IGS) indicam um nível de 10 cm; pelo visto no item 2.5 deste trabalho, esta exatidão no conhecimento da órbita implica uma exatidão de 0,1ppm respectivamente, na determinação das bases geodésicas.

Visto que no processamento deste trabalho existem quatro estações ~fiduciais às quais são ajustadas as estações restantes, foram analisados nos resultados do processamento, a significância dos resíduos encontrados pela diferença de coordenadas quando as estações foram processadas usando efemérides precisas e quando as foram processadas usando efemérides transmitidas. Fica claro que esta pesquisa tem somente validade científica já que se sabe a priori que a exatidão do processamento é maior quando são usadas efemérides precisas.

Para quantificar o erro partiu-se da hipótese que os resultados obtidos usando efemérides precisas representam o valor mais provável das coordenadas da estação determinada e as diferenças destas coordenadas com as obtidas com efemérides transmitidas são os resíduos.

A tabela 08 mostra as coordenadas geodésicas do dia 147 obtidas usando efemérides precisas, e a tabela 09 as mesmas coordenadas obtidas usando efemérides transmitidas. Nestas tabelas foi observado que o maior resíduo em latitude é  $-0.006''$ , em longitude é  $0.006''$  e em altitude é  $0,376\text{m}$ . Os gráficos das figuras 09 e 10 mostram em forma de colunas estes resíduos. Foi observado que no dia 147 não existe uma tendência sistemática das diferenças a não ser o sinal, pois todas os resíduos das latitudes (sem considerar as estações fiduciais) têm sinal negativo e das longitudes (as mais significativas) têm sinal positivo.

A tabela 10 mostra as coordenadas geodésicas do dia 149 obtidas usando efemérides precisas, e a tabela 11 as mesmas coordenadas obtidas usando efemérides transmitidas. Nestas tabelas foi observado que o maior resíduo em latitude é  $-0,004''$ , em longitude é  $0,004''$  e em altitude é  $0,383\text{m}$ . Os gráficos das figuras 11 e 12 mostram em forma de colunas estes resíduos. Foi observado também que nos resíduos do dia 149 ao igual que no dia 147, não existe uma tendência sistemática a não ser o sinal negativo das latitudes (sem considerar as estações fiduciais).

A tabela 12 mostra as coordenadas geodésicas do dia 151 obtidas usando efemérides precisas e a tabela 13 as mesmas coordenadas obtidas usando efemérides transmitidas. Nestas tabelas foi observado que o maior resíduo em latitude é  $-0,002''$ , em longitude é  $0,003''$  e em altitude é  $0,248\text{m}$ . Os gráficos das figuras 13 e 14 mostram em forma de colunas estes resíduos. Foi observado também que no dia 151 ao igual que nos dias 149 e 147, não existe uma tendência sistemática dos resíduos a não ser o sinal negativo das latitudes (sem considerar as estações fiduciais).

Analisando em conjunto os resíduos dos dias 147, 149 e 151, foi encontrada uma tendência sistemática acentuada nos resíduos das latitudes dos dias 147, 149 e 151 e nos resíduos das altitudes dos dias 149 e 151.

**TABELA 07 - COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 DAS  
ESTAÇÕES FIDUCIAIS E DA ESTAÇÃO PARANÁ**

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
sant	-33°09'01.04322"	-70°40'06.80183"	723.0478
kour	5°15'07.84785"	-52°48'21.45277"	-25.7474
fort	-3°52'38.80726"	-38°25'32.20384"	19.4870
areq	-16°27'55.85264"	-71°29'34.05006"	2488.9361
para	-25°26'54.1362"	-49°13'51.4116"	925.8679

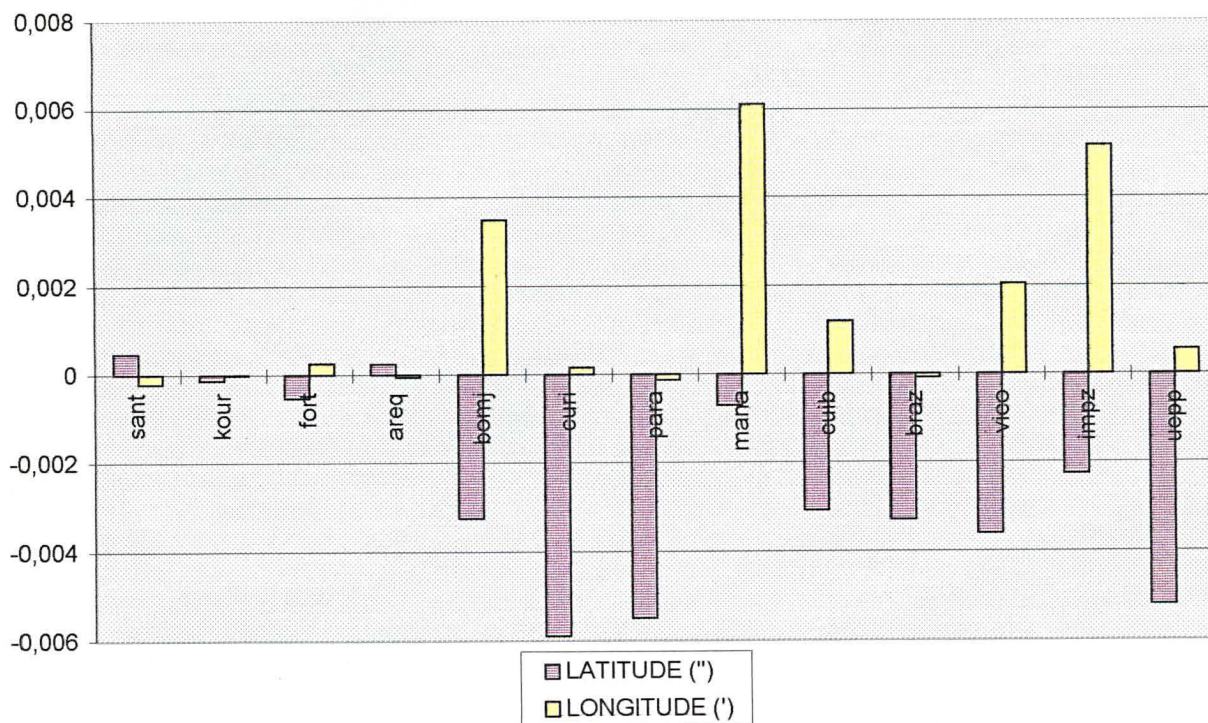
**TABELA 08- COORDENADAS GEODÉSICAS ITRF-94 DAS  
ESTAÇÕES SIRGAS OBTIDAS DO PROCESSAMENTO DOS  
DADOS DO DIA 147 USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS**

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Sant	-33°09'01.04325"	-70°40'06.80182"	723.117
kour	5°15'07.84785"	-52°48'21.45276"	-25.817
fort	-3°52'38.80723"	-38°25'32.20384"	19.487
areq	-16°27'55.85263"	-71°29'34.05006"	2489.006
bomj	-13°15'20.01299"	-43°25'18.24512"	419.671
curi	-25°26'54.56887"	-49°13'52.21024"	923.935
para	-25°26'54.12945"	-49°13'51.43586"	925.910
mana	-3°06'58.14458"	-60°03'21.70987"	40.403
cuib	-15°33'18.94984"	-56°04'11.51868"	237.627
braz	-15°56'50.91429"	-47°52'40.32635"	1106.182
vico	-20°45'41.40464"	-42°52'11.96055"	666.214
impz	-5°29'30.36139"	-47°29'50.04337"	105.237
uepp	-22°07'11.65974"	-51°24'30.72084"	431.127

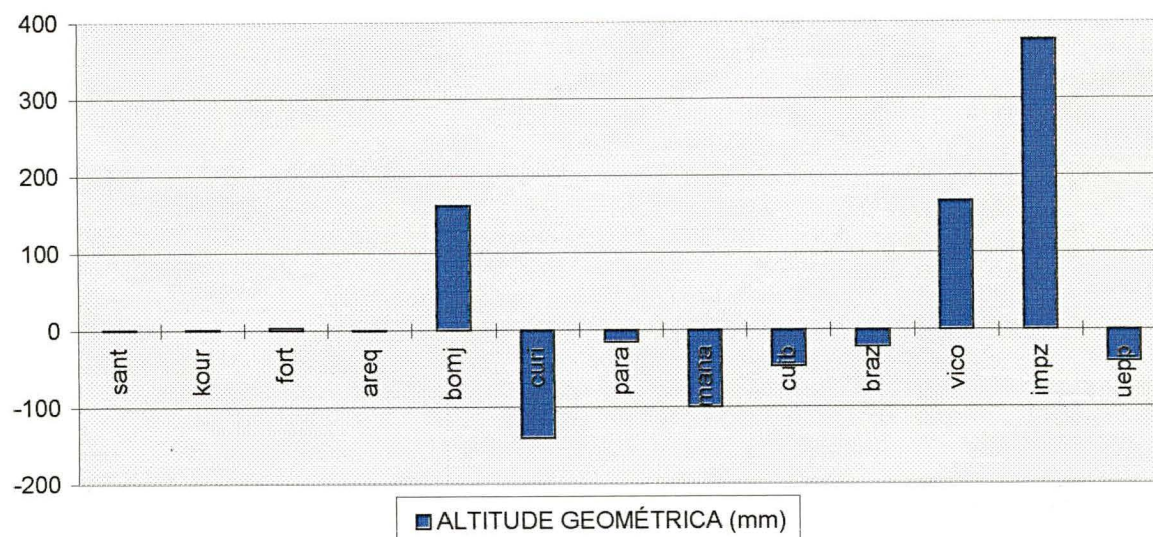
**TABELA 09 - COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 DAS  
ESTAÇÕES SIRGAS OBTIDAS DO PROCESSAMENTO DOS  
DADOS DO DIA 147 USANDO EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS**

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
sant	-33°09'01.03839"	-70°40'06.80380"	723.116
kour	5°15'07.84900"	-52°48'21.45288"	-25.818
fort	-3°52'38.81243"	-38°25'32.20112"	19.459
areq	-16°27'55.84997"	-71°29'34.05043"	2489.012
bomj	-13°15'20.04533"	-43°25'18.21023"	418.052
curi	-25°26'54.62795"	-49°13'52.20854"	925.331
para	-25°26'54.18431"	-49°13'51.43714"	926.070
mana	-3°06'58.15156"	-60°03'21.64880"	41.406
cuib	-15°33'18.98049"	-56°04'11.50669"	238.104
braz	-15°56'50.94702"	-47°52'40.32706"	1106.405
vico	-20°45'41.44056"	-42°52'11.94013"	664.540
impz	-5°29'30.38389"	-47°29'49.99187"	101.476
uepp	-22°07'11.71161"	-51°24'30.71529"	431.545

**FIGURA 09 - DIFERENÇAS EM LATITUDE E EM LONGITUDE  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS - DIA 147**



**FIGURA 10 - DIFERENÇAS EM ALTITUDE GEOMÉTRICA  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS - DIA 147**





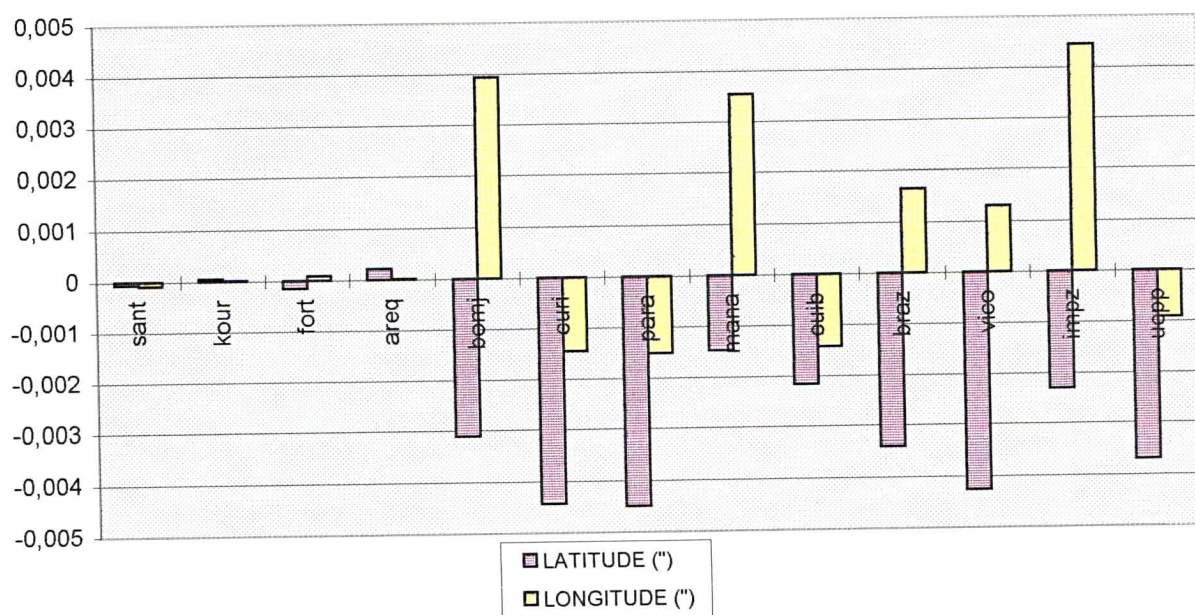
**TABELA 10 - COORDENADAS GEODÉSICAS ITRF-94 DAS ESTAÇÕES SIRGAS OBTIDAS DO PROCESSAMENTO DOS DADOS DO DIA 149 USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS**

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
sant	-33°09'01.04324"	-70°40'06.80182"	723.117
kour	5°15'07.84783"	-52°48'21.45276"	-25.817
fort	-3°52'38.80720"	-38°25'32.20382"	19.487
areq	-16°27'55.85267"	-71°29'34.05008"	2489.006
bomj	-13°15'20.01336"	-43°25'18.24649"	419.668
curi	-25°26'54.56929"	-49°13'52.21199"	923.972
para	-25°26'54.12986"	-49°13'51.43782"	925.936
mana	-3°06'58.14476"	-60°03'21.71122"	40.402
cuib	-15°33'18.95012"	-56°04'11.52021"	237.622
braz	-15°56'50.91449"	-47°52'40.32826"	1106.109
vico	-20°45'41.40501"	-42°52'11.96202"	666.227
impz	-5°29'30.36176"	-47°29'50.04506"	105.232
uepp	-22°07'11.66017"	-51°24'30.72268"	431.144

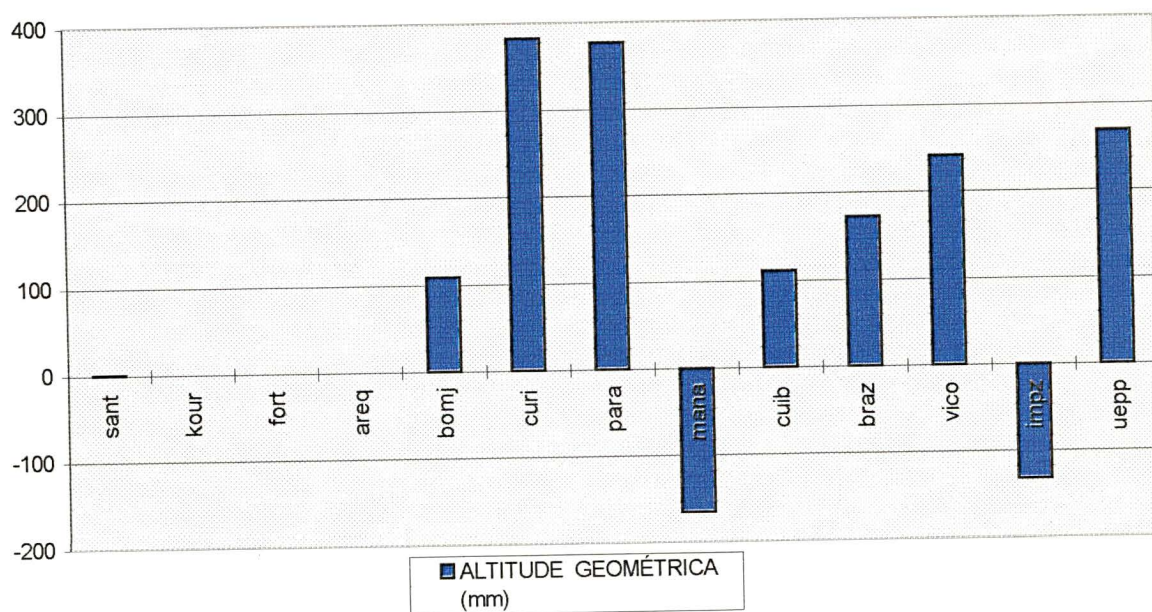
**TABELA 11- COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 DAS ESTAÇÕES SIRGAS OBTIDAS DO PROCESSAMENTO DOS DADOS DO DIA 149 USANDO EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS**

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
sant	-33°09'01.04331"	-70°40'06.80191"	723.117
kour	5°15'07.84779"	-52°48'21.45276"	-25.817
fort	-3°52'38.80734"	-38°25'32.20374"	19.488
areq	-16°27'55.85246"	-71°29'34.05007"	2489.006
bomj	-13°15'20.01647"	-43°25'18.24255"	419.558
curi	-25°26'54.57372"	-49°13'52.21344"	923.589
para	-25°26'54.13435"	-49°13'51.43933"	925.559
mana	-3°06'58.14625"	-60°03'21.70768"	40.568
cuib	-15°33'18.95229"	-56°04'11.52164"	237.510
braz	-15°56'50.91787"	-47°52'40.32662"	1105.937
vico	-20°45'41.40928"	-42°52'11.96072"	665.987
impz	-5°29'30.36407"	-47°29'50.04062"	105.363
uepp	-22°07'11.66384"	-51°24'30.72358"	430.876

**FIGURA 11 - DIFERENÇAS EM LATITUDE E EM LONGITUDE  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS - DIA 149**



**FIGURA 12 - DIFERENÇAS EM ALTITUDE GEOMÉTRICA  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS - DIA 149**



**TABELA 12- COORDENADAS GEODÉSICAS ITRF-94 DAS  
ESTAÇÕES SIRGAS OBTIDAS DO PROCESSAMENTO DOS  
DADOS DO DIA 151 USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS**

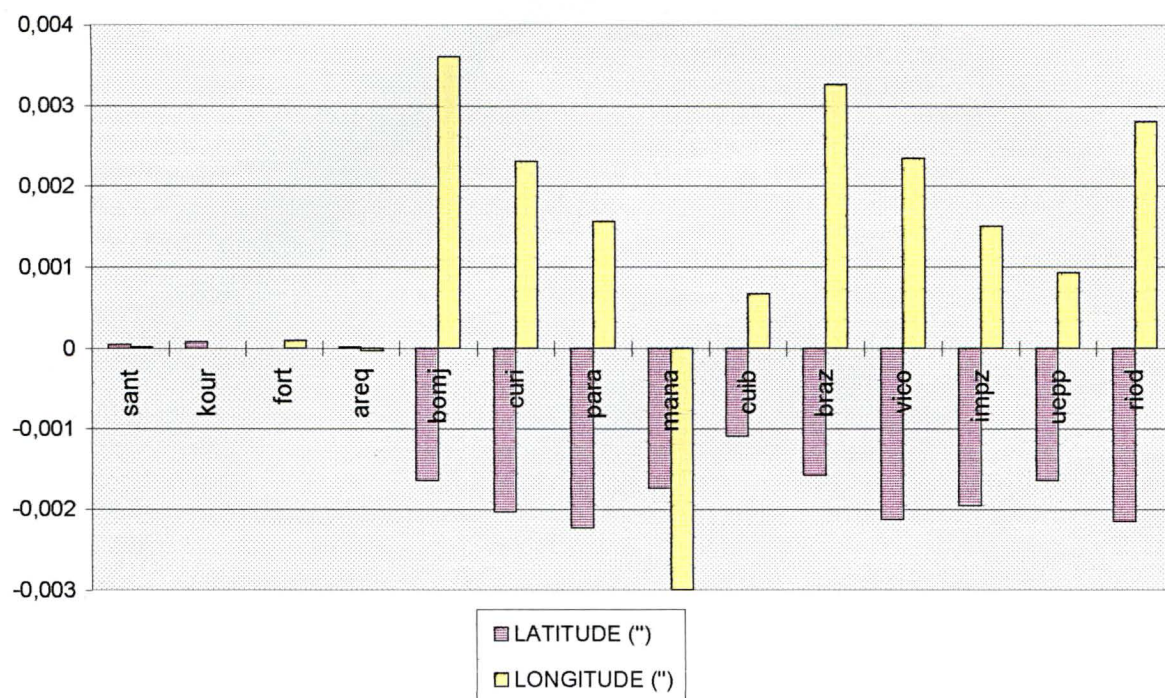
ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
sant	-33°09'01.04321"	-70°40'06.80182"	723.117
kour	5°15'07.84783"	-52°48'21.45276"	-25.817
fort	-3°52'38.80721"	-38°25'32.20383"	19.487
areq	-16°27'55.85267"	-71°29'34.05007"	2489.006
bomj	-13°15'20.01282"	-43°25'18.24611"	419.689
curi	-25°26'54.56869"	-49°13'52.21152"	924.007
para	-25°26'54.12925"	-49°13'51.43735"	925.978
mana	-3°06'58.14454"	-60°03'21.71160"	40.466
cuib	-15°33'18.94963"	-56°04'11.52012"	237.665
braz	-15°56'50.91397"	-47°52'40.32794"	1106.181
vico	-20°45'41.40454"	-42°52'11.96156"	666.241
impz	-5°29'30.36132"	-47°29'50.04448"	105.265
uepp	-22°07'11.65962"	-51°24'30.72234"	431.180
riod	-22°49'04.24259"	-43°18'22.59510"	8.937

**TABELA 13 - COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 DAS  
ESTAÇÕES SIRGAS OBTIDAS DO PROCESSAMENTO DOS  
DADOS DO DIA 151 USANDO EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS**

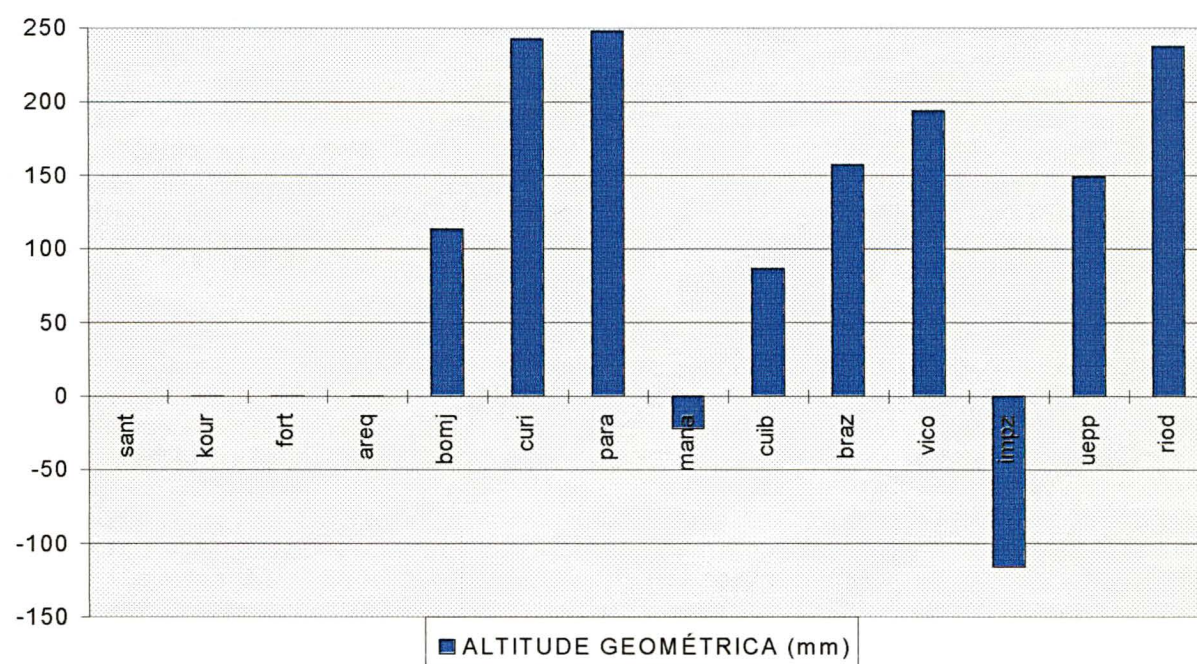
ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
sant	-33°09'01.04316"	-70°40'06.80181"	723.117
kour	5°15'07.84775"	-52°48'21.45276"	-25.817
fort	-3°52'38.80720"	-38°25'32.20373"	19.487
areq	-16°27'55.85266"	-71°29'34.05010"	2489.005
bomj	-13°15'20.01448"	-43°25'18.24250"	419.576
curi	-25°26'54.57073"	-49°13'52.20921"	923.764
para	-25°26'54.13148"	-49°13'51.43579"	925.729
mana	-3°06'58.14628"	-60°03'21.71459"	40.489
cuib	-15°33'18.95072"	-56°04'11.51944"	237.578
braz	-15°56'50.91554"	-47°52'40.32467"	1106.024
vico	-20°45'41.40667"	-42°52'11.95921"	666.047
impz	-5°29'30.36328"	-47°29'50.04298"	105.381
uepp	-22°07'11.66127"	-51°24'30.72141"	431.031
riod	-22°49'04.24475"	-43°18'22.59230"	8.699



**FIGURA 13 - DIFERENÇAS EM LATITUDE E EM LONGITUDE USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS - DIA 151**



**FIGURA 14 - DIFERENÇAS EM ALTITUDE GEOMÉTRICA USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS E TRANSMITIDAS - DIA 151**



As causas da tendência sistemática encontrada na análise dos resíduos dos três dias processados, é devida basicamente às características dos sistemas geodésicos (ITRF-94/WGS-84) usados neste trabalho, isto é assunto de pesquisa aparte que não foi levado em consideração neste trabalho.

A magnitude do vector erro obteve-se a partir das Coordenadas Cartesianas Geocêntricas WGS-84 e Coordenadas Cartesianas Geocêntricas ITRF-94 dos dias 147, 149 e 151 (anexos 04 e 05), esta magnitude é obtida extraindo a raiz quadrada da soma dos quadrados dos resíduos das coordenadas correspondentes.

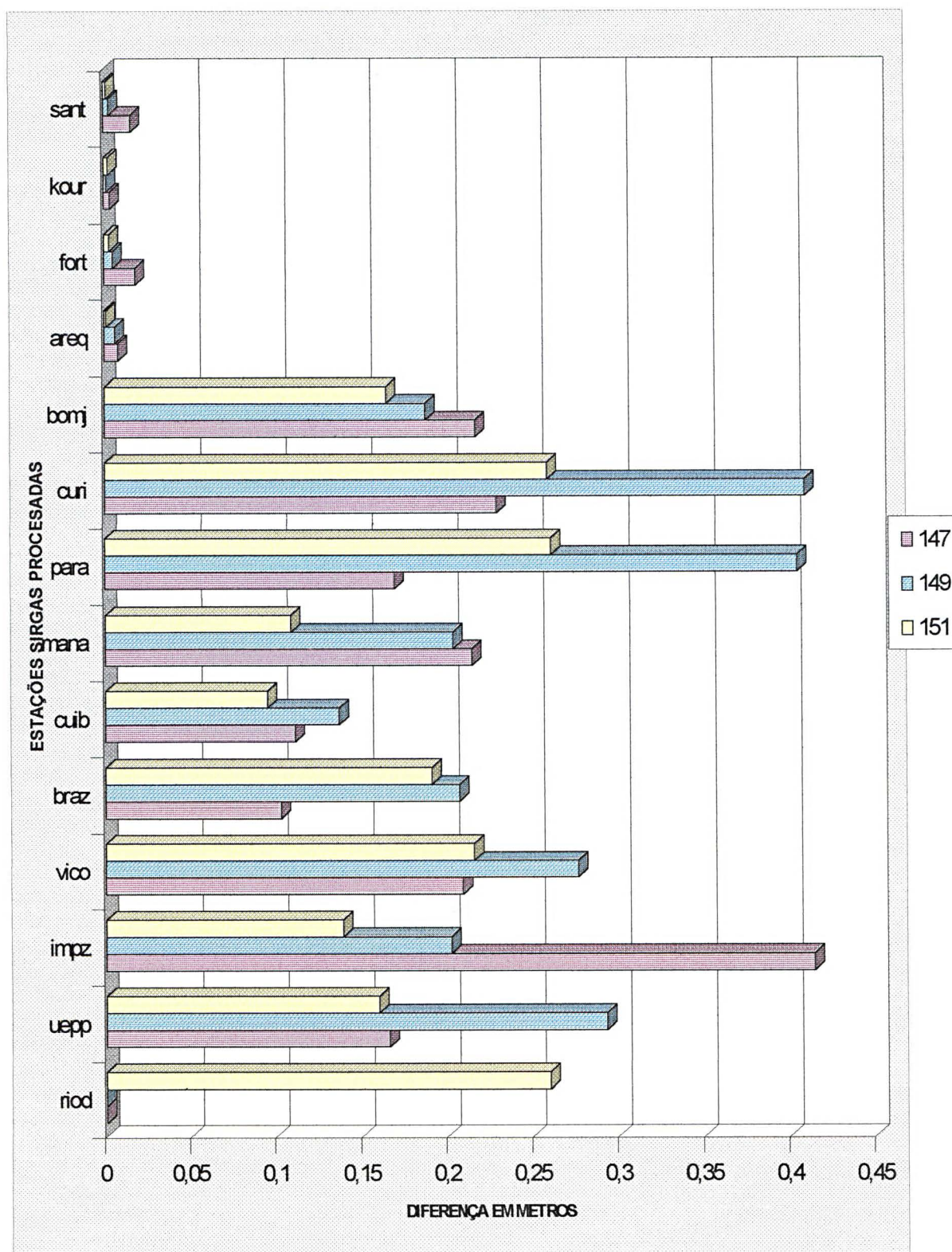
A tabela 14 mostra a magnitude do vector erro de cada estação nos dias 147, 149 e 151. Observamos que o maior valor ocorreu no dia 147 na estação impz. A figura 15 mostra a magnitude do vector erro em forma de colunas onde observa-se que as menores diferenças ocorreram no dia 151.

**TABELA 14 - MAGNITUDE DO VECTOR ERRO**

ESTAÇÕES	DIA DO ANO 147	DIA DO ANO 149	DIA DO ANO 151
sant	0,01581 m	0,00304 m	0,00164 m
kour	0,00356 m	0,00142 m	0,0025 m
fort	0,01823 m	0,00524 m	0,00308 m
areq	0,00821 m	0,00636 m	0,0011 m
bomj	0,21709 m	0,18788 m	0,16507 m
curi	0,22932 m	0,4089 m	0,25882 m
para	0,16962 m	0,40441 m	0,26102 m
mana	0,21465 m	0,2035 m	0,10899 m
cuib	0,11143 m	0,13705 m	0,09514 m
braz	0,10311 m	0,20713 m	0,19107 m
vico	0,20905 m	0,27658 m	0,21567 m
impz	0,41396 m	0,20231 m	0,13892 m
uepp	0,16575 m	0,29277 m	0,15989 m
riod			0,25962 m



**FIGURA 15 - GRÁFICO REFERENTE À MAGNITUDE DO VECTOR ERRO**



Os quadros 12 e 13 mostram os resultados do ajustamento geral das estações brasileiras da rede SIRGAS expressos em coordenadas cartesianas geocêntricas e coordenadas geodésicas, usando efemérides precisas no processamento, observa-se que os maiores resíduos encontram-se na estação braz (Brasília).

**QUADRO 12 - RESULTADO DO AJUSTAMENTO GERAL DAS ESTAÇÕES BRASILEIRAS DA REDE SIRGAS EXPRESSO EM COORDENADAS CARTESIANAS GEOCÊNTRICAS ITRF-94**

COORDENADAS CARTESIANAS GEOCÊNTRICAS ITRF-94 [metros]			
ESTAÇÃO	X	Y	Z
sant	1769693.3314	-5044574.1849	-3468321.1149
+/-	.0012	.0012	.0012
kour	3839591.4127	-5059567.4934	579956.8924
+/-	.0012	.0012	.0012
fort	4985386.6528	-3954998.5832	-428426.5220
+/-	.0012	.0012	.0011
areq	1942826.7460	-5804070.3096	-1796894.0387
+/-	.0012	.0012	.0011
bomj	4510196.0335	-4268322.4764	-1453035.4485
+/-	.0120	.0112	.0042
curi	3763730.3925	-4365122.2646	-2724416.1990
+/-	.0120	.0122	.0067
para	3763751.7366	-4365113.8966	-2724404.8447
+/-	.0130	.0134	.0076
mana	3179009.4797	-5518662.3308	-344401.9339
+/-	.0120	.0146	.0031
cuib	3430711.4922	-5099641.7014	-1699433.0764
+/-	.0115	.0125	.0047
braz	4115014.1711	-4550641.6106	-1741444.1464
+/-	.0337	.0356	.0144
vico	4373283.4942	-4059639.1851	-2246959.9066
+/-	.0127	.0121	.0059
impz	4289656.5956	-4680885.1056	-606347.4485
+/-	.0120	.0118	.0032
uepp	3687624.4157	-4620818.7211	-2386880.4998
+/-	.0117	.0121	.0059
riod	4280295.0607	-4034431.3547	-2458141.5694
+/-	.0169	.0183	.0091

**QUADRO 13 - RESULTADO DO AJUSTAMENTO GERAL DAS  
ESTAÇÕES BRASILEIRAS DA REDE SIRGAS EXPRESSO EM  
COORDENADAS GEODÉSICAS ITRF-94**

COORDENADAS GEODÉSICAS ITRF-94 [°, ', "]									
EST.	Latitude			Longitude			ALTITUDE		
sant	-33	9	1.04324	-70	40	6.80183	723.1178		
+/ -			.0012 m			.0012 m	.0012	m	
kour	5	15	7.84784	-52	48	21.45277	-25.8162		
+/ -			.0012 m			.0012 m	.0012	m	
fort	-3	52	38.80722	-38	25	32.20383	19.4877		
+/ -			.0011 m			.0012 m	.0012	m	
areq	-16	27	55.85266	-71	29	34.05008	2489.0071		
+/ -			.0011 m			.0012 m	.0012	m	
bomj	-13	15	20.01314	-43	25	18.24593	419.6765		
+/ -			.0028 m			.0078 m	.0148	m	
curi	-25	26	54.56876	-49	13	52.21125	923.9591		
+/ -			.0037 m			.0081 m	.0160	m	
para	-25	26	54.12951	-49	13	51.43720	925.9432		
+/ -			.0038 m			.0085 m	.0179	m	
mana	-3	6	58.14468	-60	3	21.71087	40.4254		
+/ -			.0028 m			.0087 m	.0169	m	
cuib	-15	33	18.94993	-56	4	11.51973	237.6389		
+/ -			.0027 m			.0084 m	.0152	m	
braz	-15	56	50.91429	-47	52	40.32757	1106.1549		
+/ -			.0043 m			.0130 m	.0492	m	
vico	-20	45	41.40480	-42	52	11.96136	666.2297		
+/ -			.0034 m			.0083 m	.0162	m	
impz	-5	29	30.36156	-47	29	50.04437	105.2415		
+/ -			.0026 m			.0076 m	.0151	m	
uepp	-22	7	11.65992	-51	24	30.72201	431.1499		
+/ -			.0033 m			.0082 m	.0155	m	
riod	-22	49	4.24281	-43	18	22.59471	8.9077		
+/ -			.0048 m			.0116 m	.0234	m	



## 7.0 CONCLUSÕES

As análises apresentadas neste trabalho conduzem às seguintes conclusões:

- Processar dados GPS usando o programa GEONAP requer um conhecimento mais que elementar em Geodésia por Satélites. As alternativas de processamento de dados GPS usando este pacote de programas são muito grandes, só com a prática constante, bom conhecimento dos parâmetros e análise dos arquivos criados pelo programa é que vamos formando um perfil de processamento.
- A precisão das estações brasileiras da rede SIRGAS usando efemérides transmitidas comparadas às coordenadas obtidas usando efemérides precisas sem considerar os efeitos sistemáticos é da ordem de 0,14m. É uma precisão excelente, considerando o comprimento das bases. Com esta precisão conclui-se que se tratando de levantamentos geodésicos convencionais, basta o uso de efemérides transmitidas no processamento dos dados para conseguir a precisão requerida neste tipo de levantamento (1:1000000).
- As coordenadas da estação Paraná (PARA), localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná nas imediações do Laboratório de Geodésia Espacial e que faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, foram muito bem determinadas. As diferenças com as coordenadas da mesma estação calculadas neste trabalho e mostradas no quadro 13 são 18,5 cm em latitude, 77,0 cm em longitude e 7,5 cm em altitude.

•O processamento das estações brasileiras da rede SIRGAS e o ajustamento total dos três dias de observações usando efemérides precisas e considerando quatro estações fiduciais (Arequipa, Kourou, Fortaleza e Santiago) foi de excelente qualidade, os resíduos do ajustamento geral das estações Brasileiras da rede SIRGAS mostrado no quadro 12, indicam que a precisão média (média aritmética dos resíduos) alcançada no processamento foi de 8,1 mm, isto mostra a boa qualidade do processamento dos dados com o programa GEONAP, atingindo precisão maior que 1/10000000. O maior resíduo encontrado (quadro 13) foi na estação Brasília com 0,43cm em latitude, 1,3cm em longitude e 4,92cm em altitude; isto mostra novamente a consistência do programa científico GEONAP e a excelente qualidade operacional das entidades participantes responsáveis pelas observações da campanha SIRGAS.

**ANEXO 01****PARÂMETROS DO SISTEMA DE PROGRAMAS GEONAP**

GEONAP	
Module: geonap Version 2.38, 96/03/07	
USAGE: geonap [yy] prj ddd [s] st1,st2,...,stn [Options]	
Options:	
-r	- do not rewrite obs file
-w	- adjust wide lane
-n	- adjust narrow lane
-0	- adjust L0 Signal (default)
-1	- adjust L1 Signal
-2	- adjust L2 Signal
-i	- adjust LI Signal
-ia,b[,c,d]	- Estimate Ionosphere
a	- Number of Lat. Parameters
b	- Number of Lon. Parameters
c	- Residual Std. Dev. [m] [0.10]
d	- Correlation Length [km] [1000]
-5	- adjust L54 Signal
-4	- adjust L43 Signal
-c	- adjust relative to code signal
-dnn	- disable satellite nn
-f	- fix recovered ambiguities
-e[nn][,mm]	- set max. amb. fix error to nn/100 [15] and max. slip fix error to mm/100 [25]
-a	- do not estimate ambiguities
-o[d[,c]]	- estimate orbit parameters
d	- use drift model, with Orbit drift constraint c [1.0] ppm
+o[d[,c]]	- estimate and print orbit parameters
d	- use drift model, with Orbit drift constraint c [1.0] ppm
-t[l]	- enable tropospheric parameters
l	- use stochastic model with correlation length l [hours]
+t[l]	- enable and print tropospheric parameters
l	- use stochastic model with correlation length l [hours]
-p	- disable position estimation
-s	- save adjustment
-S	- Save only, no ambiguity fixing
-g	- get adjustment
-unnn	- use obs every nnn seconds
+S	- Force slips for every epoch
+F[sx]	- Force coordinates of first station with stddev sx [0] m
-P	- preparation Run

GEONAP (CONTINUAÇÃO)	
+bnnnnnn	- begin at second nnnnnn
+ennnnnn	- stop (end) at second nnnnnn
-v	- do a minimum variance ambiguity search
-V	- do a minimum variance ambiguity search
-kxx	- set minimum contrast to xx [3]
-h	- enable half cycles
+K	- force Filter Mode
+p[n N]	- Position Output with time [name time+name]
+P	- relative Position Output
+Dn	- turn on Display Option n:
n=C	- Show Ambiguity Correlations
-De	- set max. time difference to identify simult. epochs to e [0.1] sec.
+Wrcvr[,r]	- Wackelturm Rcvr: rcvr Wackelradius: r [0.1] m
+Arcvr[,iclk]	- Attitude Rcvr: rcvr with common Clock iclk
-Fstat[,stat,...][,sx]	- Introduce Station stat as fiducial point
	with coordinate standard deviation: sx [0.0001] m
-Trcvr[,sa,sr]	- Railway Rcvr: rcvr, Track Sigmas: sa [1], sr [1]
-K	- do not save kinematic stations
+L	- do 2-Freq adjustment
+Nn	- assume max. n ambigs per sv
-An[,m]	- AUTO-Static every n seconds, alloc m Stations
+Bc	- Save Ambiguities to .sol file
+Gpath	- Set Path for Inputfiles
-Wi	- Output Level i [0 1 2 3 4] [1]
	(overrides environment variable GN_WARNING=i)
-Llcs[,lcs,...]	- Specify Linear Combinations of ambiguities to be searched
	[sng slp sta sat all vdd] [all]
-Ccmax[,ncmax]	- for lcs Specify max. Coeff. and max. No. of Coeffs [10,10]
-Enn	- set Min Elevation to nn degrees [0]
-N	- Generate New solfile format
+VT[,s[,k]]	- Activate additional Variance Model T
	with Standard Deviation s and correlation Length k
T = E	- Activate Elevation Variance Model
	s - Standard Deviation [0.02] m
	k - correlation Length [10] Degrees
+X	- Version 2 adjustment
+c[s1[,s2]]	- adjust code signal with L1,L2 Std.Dev [1.0,1.0] m
-R[rcvr][,sat]	- Use Reference RCVR and Satellite
+arcvl	- Output Attitude Results for Rcvrs :rcvl
Stop GEONAP	

GNSNGL	
Module: GNSNGL Version 2.60, 96/03/07	
USAGE: gnsngl prj [[yy]yy] ddd [[s]s] sta [Options]	
Options:	
-m	- assume full kinematic observations
-ma	- allways force full kinematic observations
-ms	- allways force static observations
-hxx.xx	- fix height to xx.xx meters
-c	- pseudoranges are corrected
-d +d	- use only dual frequency measurements
+l	- use only L1 measurements
-r[fname]	- read reference coordinates from file: fname [prj.sta]
-e[sv,]nn	- set minimum elevation to nn degrees [10] for SV:sv [global]
-F	- do not use first observation for each sv
-b +b[sv,]TIME	- set window start TIME for SV:sv or global
-f +e[sv,]TIME	- set window end TIME for SV:sv or global
TIME: [wn-]wtime	
[[[yy]yy-]ddd-]hh:mm[:ss.[ss]]	
[[[yy]yy-]mm-dd-]hh:mm[:ss.[ss]]	
-s[sv,][f,]n	- set minimum signal to noise ratio to n [5]
for SV:sv [global] and frequency:f [all]	
-xnn	- set code-carrier slip test value to nn [10.0] m
+o	- output estimated coordinates to stdout
+O	- output differential position only
+cn[,vf]	- set no. of polynomial clock parameters to n [3] (0..9)(0=Free)
vf - Std. Dev. of Clock error Drift [100m/s]	
+k	- write all observations of a kinematic survey to the _gm file
+dnn -dnn	- disable satellite nn
-n	- do not set slips on SV-s with missing obs
-M	- old Minimac observations
-unn	- bad Minimac observations for SV: nn
-U	- bad obs. for all SVs
+Usv,xx	- set URA of SV sv to xx meters
+n	- do not mark slips
-Nn	- set minimum no. of obs. per slip block [1]
-B	- show estimated SV biases
-D[file]	- output SV biases to "file"
+D[file]	- read SV biases from "file"
-v[x]	- estimate velocities, x - output in xyz
-g	- do not make the _gm file
-l	- use L1 carrier smoothed PR [L0]
+m[n]	- set minimum no. of SVs at one epoch to: n [4]

<b>GNSNGL (CONTINUAÇÃO)</b>	
+s[offset[,modulo]]	- synchronize measurements to nint(t-offset/modulo)*modulo+offset seconds [0.0,[1.0]]
+Mx	- add constant receiver time offset x in [msec] [0.0]
+V[x]	- apply variance factor x to Differential Corrections [1.0]
+i	- Do additional L2-Cycle Slip Testing
-i[f]	- Apply Iono Factor: f [1.0]
+w	- Set Start Week 1 week backward
-2x	- correct L2 synchronization error - x in [msec] [0.0]
+E[eps]	- read Events from file statddd.evt eps - Event epoch time width [s] [0.1]
+unn.n	- use only epochs with mod(t,nn.n)==0
-T[dtep]	- Set slips if Epoch time difference > dtep [600] seconds
-t[dtmax]	- Use only Epochs with Clock Offset < dtmax [0.0002] seconds
+N	- write NEW solfile format
+Sa[,b[,c]...]	- subsequently process sessions a,b,c...
Stop GNSNGL	

<b>GNSLIP</b>	
Module: GNSLIP Version 2.5, 96/03/07	
USAGE: gnslip prj ddd st1[,st2] [Options]	
Options:	
-tss	- Set maximum Time difference [sec] [120]
-exx	- Set maximum Slip error [cycles] [.15]
-dxx	- Set maximum spatial distance [km] [100]
-h	- Enable Half Cycle Slips
+d[thresh[,min]	- Detect Slips [0.5,0.2]
-nx	- use x epochs backward! [1]
-mx	- use x epochs buffer size [10]
-r	- do not rewrite files!
-i	- use Iono Signal for L2 Slips
-2[s]	- fix L2 only if L1 is fixed! Using signal s {0,2,w,i} [w]
-Ddt	- set max epoch time difference to dt seconds [0.1]
+Gpath	- Set Path for Inputfiles
Stop GNSLIP	

<b>TORINEX</b>
Module: torinex Version 2.6, 96/03/08
USAGE: torinex prj ddd [s] stat [-dnn] [-mnn] [-k] [+Gfilename] <bstatxyy.ddd
-dnn - set time difference to nn seconds
-mnn - set second after full minute to nn seconds
-k - make kinematic survey entries
+G - read from Input File
-c - use Ashtech P-Code instead of C/A-Code
-z - Ashtech Z12-Receiver
stop TORINEX

<b>TRTORI</b>
Modul: trtori Version 2.7, 96/03/25
USAGE: trtori prj [yyyy] idd [iss] sta
-c Compact Format created by COMPACT Prog.
+wnnn - define GPS week no. !
+l2l1 - force L2 connection to L1!
+L2L1 - as above, force full cycle L2!

<b>RIMSRT</b>
Module: RIMSRT Version 2.22, 96/03/07
USAGE: rimsrt prj ddd [s] st1,st2,.. [-ss1,s2,..]
prj - project abbreviation
ddd - day of year
st1 - station abbreviation 1
st2 - station abbreviation 2
-ss1,s2,s3.. List of session numbers
-a append .msg
rimsrt creates a message file prjddd[s].msg
from all RINEX navigation message files stidd[s].rxn
Stop RIMSRT



GNUPDT	
Module: GNUPDT Version 2.7, 96/03/07	
USAGE: gnupdt prj ddd st1[,st2] [Options]	
Options:	
-c[file]	- Update Coordinates, Read Coord. from File: file [prj.ref prjddd.l84 prjddd.sol]
-t	- Update Tropospheric Correction Use Current Station Height
-thh.hh	Use Station Height hh.hh [m] (Will be applied to all stations)
-todd.dd	Use Station Height offset dd.dd [m] (Will be applied to all stations) Offset d will be added to station heights
-ttp,t-dry,t-wet	Use these Met. Values (Will be applied to all stations)
-trp,t-dry,r-hum	Use these Met. Values (Will be applied to all stations) p presure [hectopascal] t-dry dry temperature [Degrees Celsius] t-wet wet temperature [Degrees Celsius] r-hum relative humidity [Percent]
-x	- Update Eccentricities
+c	- Count Ambiguities
+p	- Switch to Precise Ephemeris
-p	- Switch back to Broadcast Ephemeris
+g	- Apply Tidal Corrections
-g	- UnDo Tidal Corrections
+Srvr	- Set singular Slips for RCVR: rcvr
-T[dmax]	- Update to Track if D .lt. dmax[50]
-Ddt	- set max epoch time difference to dt seconds [0.1]
-Z	- Assume kinematic Zero Baseline, set RCV2 position to RCV1 position
+Gpath	- Set Path for Inputfiles
-k	- Set kinematic mode to static !
-X	- Update Phase Center Eccentricities
-trx	- Update Tropospheric Correction Use RINEX Meteo. File statddd[s].rxm
STOP gnupdt	

GNSSHOW	
%M% %l% %D% Copyright (c) Geo++ GmbH	
USAGE: gnsshow prj ddd st1[,st2] [Options]	
Options:	
-g - Show Global Parameters	
-s - Show Carrier Signal s [0]	
Signals are: 0 - Iono Corrected	
1 - L1	
2 - L2	
w - Wide Lane	
n - Narrow Lane	
i - Ionospheric	
5 - L54	
4 - L43	
-c - Show Code Signal	
-o - Show Code-Carrier Offsets	
-nd - Show Non-Differenced Measurements [default]	
-sd - Show between Station Single Differences	
-ds - Show between Satellite Single Differences	
-dd - Show Double Differences	
-td - Show Time Differences of one of the Above Differences	
-cy - Units are Cycles	
-ns - Units are Nanoseconds	
-mt - Units are Meters [default]	
-p - Show Positions	
+r - Show Obs. for first Station only	
-Dnn - Disable SV nn	
+Enn - Enable SV nn, all others disabled	
+bTIME - Start Time	
+eTIME - End Time	
TIME: [wn-]wtime   [[[yy]yy-]ddd-]hh:mm[:ss.[ss]]	
[[[yy]yy-]mm-dd-]hh:mm[:ss[.ss]]	
+De - Max. Epoch Time Difference is e [0.1]	
+n - Show Number of Ambiguities	
-e - Show Elevation	
-a - Show Azimuth	
-h - Show Time as hh:mm:ss.s	
-x - Show Eccentricities	
-C[n] - Show Continuous Blocks with n SVs [4]	
-CI[n] - Show Continuous Blocks with n SVs [4]	

<b>GNSHOW (CONTINUAÇÃO)</b>	
+Ostat,d	- Use Receiver Specific Time Offset d
+S	- Show Fixed Singular Slips
+Gpath	- Set Path for Inputfiles
-T	- Show Tropo Corrections
-rms	- Show RMS of Signal Offsets
	(without Slips if Time Differences enabled)
-num	- Show Number of Observations
-E	- Don't Show Epoch Observations
-M[min]	- skip epochs with all values less than min [empty epochs]
+d	- Show design parameters (Amb_count, Elev, Azim)
-gx	- Show Global Parameters and exit immediatly
STOP gnshow	

<b>GNAUPD</b>	
Module: GNAUPD Version 2.5, 96/03/07	
USAGE: gnaupd prj ddd st1,st2,... [Options]	
Options:	
-dnn	- disable satellite nn
-a	- update Slips only
-g	- use Session_amb File
-r	- disable rewriting
+f	- fix any ambiguity within_amb File
-l	- L1 Update Only ! (use with care)
-n	- do numeric update also if no ambs are fixed
+Gpath	- Set Path for Inputfiles
gnaupd	

**ANEXO 02**  
**APLICATIVO RINEX**

```
'PROGRAMA RINEX - VERIFICA ERROS NOS ARQUIVOS *.RXO
```

```
'LINGUAGEM ESTRUTURADA TURBO BASIC
```

```
COLOR 15,1,0
```

```
CLS
```

```
COLOR 15,1,0
```

```
LOCATE 9: PRINT "      +-----+      "
LOCATE 10: PRINT "      |  CURSO DE POS-GRADUACAO EM CIENCIAS
GEODESICAS  |      "
LOCATE 11: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 12: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 13: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 14: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 15: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 16: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 17: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 18: PRINT "      |      |      |      "
LOCATE 19: PRINT "      +-----+      "
```

```
color 0,0
```

```
LOCATE 12,14: PRINT "      "
LOCATE 13,14: PRINT "      "
LOCATE 14,14: PRINT "      "
LOCATE 15,14: PRINT "      "
LOCATE 16,14: PRINT "      "
LOCATE 17,14: PRINT "      "
LOCATE 18,14: PRINT "      "
```

```
COLOR 1,5,0
```

```
LOCATE 11,16: PRINT "+-----+"
LOCATE 12,16: PRINT "|      |"
LOCATE 13,16: PRINT "|      |"
LOCATE 14,16: PRINT "|      |"
LOCATE 15,16: PRINT "|      |"
LOCATE 16,16: PRINT "|      |"
LOCATE 17,16: PRINT "+-----+"
```

```
COLOR 15,5
```

```
locate 12,25: print "      UFPR      "
```

```
L=0
```

```
Q=15 : C=5 : U=1 : Q2=31
```

```
C2=0 : RE2$="S"
```

```
WHILE RE2$="S"
```

```
  WHILE C2=0
```

```
    LOCATE 13,17: INPUT " Entre com o Path do Arquivo ",NOMES
```

```
    N2$ = NOMES
```

```
    OPEN N2$ FOR APPEND AS #7
```

```
    NAPA = LOF(7)
```

```
    IF LOF(7) = 0 THEN
```

```
      CTR1=0 : COLOR Q,c
```

```
      LOCATE 15,17: PRINT STRING$(48,32)
```

```
      LOCATE 16,17: PRINT STRING$(48,32)
```

```

TEXT01$ = " *** ERROR *** (O arquivo "
TEXT02$ = " nao existe, entre novamente com o nome certo) "
TEXTOS$ = TEXT01$ + NOME$ + TEXT02$
NTC = LEN(TEXTOS$)
NCV = 48
FOR K = 1 TO (NTC - NCV)
  LOCATE 15,17
  PRINT MID$(TEXTOS$,K,NCV)
  IF K = 1 THEN DELAY .5
  DELAY .1
NEXT K
DELAY .5
color q,c
LOCATE 13,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 14,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 15,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 16,17: PRINT STRING$(48,32)
ELSE
  C2=1
END IF
CLOSE #7
IF NAPA = 0 THEN KILL N2$
WEND
LOCATE 14,17: INPUT " Entre com o Ano da Observacao ( ) ",NOME2$
LOCATE 15,17: INPUT " Deseja trocar a ordem das colunas (S/N) ",RESS$
RESS$=UCASE$(RESS$)
IF RESS$="S" THEN
  LOCATE 16,17: INPUT " Qual orden _____ ",COL$
  N1$=LEFT$(COL$,1) : N1=VAL(N1$)
  N5$=RIGHT$(COL$,1) : N5=VAL(N5$)
  N2$=MID$(COL$,2,1) : N2=VAL(N2$)
  N3$=MID$(COL$,3,1) : N3=VAL(N3$)
  N4$=MID$(COL$,4,1) : N4=VAL(N4$)
END IF
TES=LEN(NOME$)
TESS$=LEFT$(NOME$,(TES-3))
NOME3$=TESS$ + "RIN"
C3=1
OPEN NOME$ FOR INPUT AS #2
OPEN NOME3$ FOR OUTPUT AS #1
WHILE NOT EOF(2)
  LINE INPUT #2,LINHAS$
  L = L+1
  WHILE MID$(LINHAS$,2,2) = NOME2$
    PRINT #1,LINHAS$
    WHILE NOT EOF(2) AND C3=1
      LINE INPUT #2,LINHAS$
      L = L+1

```

```

IF (LEFT$(LINHA$,3) <> "END") AND (MID$(LINHA$,2,2) <> NOME2$) THEN
  FOR I = 1 TO 5
    L$(I)=MID$(LINHA$,I*16-15),16)
    IF L$(I) <> "      " THEN
      IF ABS(VAL(L$(I))) < 1 THEN L$(I)="
    END IF
  NEXT I
  IF RES$ = "S" THEN
    LINHA$=L$(N1) + L$(N2) + L$(N3) + L$(N4) + L$(N5)
  ELSE
    LINHA$=L$(1) + L$(2) + L$(3) + L$(4) + L$(5)
  END IF
  PRINT #1,LINHA$
ELSE
  C3=0
END IF
WEND
C3=1
WEND
TESTE$ = "# / TYPES OF OBSERV "
IF ((RIGHT$(LINHA$,19) = "# / TYPES OF OBSERV") AND (RES$ = "S")) THEN
  FOR J = 1 TO 10
    FRA$(J) = MID$(LINHA$, (J*6-5),6)
  NEXT J
  LINHA$=FRA$(1) + FRA$(N1+1) + FRA$(N2+1) + FRA$(N3+1) + FRA$(N4+1) + _
    FRA$(N5+1) + FRA$(7) + FRA$(8) + FRA$(9) + FRA$(10) + TESTE$
END IF
PRINT #1,LINHA$
WEND
CLOSE #1
CLOSE #2
LOCATE 13,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 14,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 15,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 16,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 15,17: PRINT " Deseja verificar outro arquivo (S/N) ";
RE2$=""
WHILE RE2$ <> "S" AND RE2$ <> "N"
  LOCATE 15,55:COLOR q2,C:PRINT " _ "; RE2$=UCASE$(INPUT$(1))
  IF RE2$ <> CHR$(13) THEN LOCATE 15,55:COLOR q,C:PRINT RE2$
WEND
LOCATE 13,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 14,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 15,17: PRINT STRING$(48,32)
LOCATE 16,17: PRINT STRING$(48,32)
IF RE2$ = "S" THEN C2=0
WEND
END

```

**ANEXO 03**

**EXEMPLO DE SEQUÊNCIA DOS PROGRAMAS GEONAP  
USADOS NO PROCESSAMENTO DAS ESTAÇÕES SIRGAS**



rimsrt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod
gnsngl bra 151 1 para -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 curi -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 bomj -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 areq -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 sant -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 fort -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 kour -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 mana -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 cuib -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 braz -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 vico -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 impz -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 uepp -r +c0 -N10 -d -s3
gnsngl bra 151 1 riod -r +c0 -N10 -d -s3
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod @sir.opt -a -r -t2 -W4
gnsnip bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -i -n3 - d1000
gnaupd bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -g
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod @sir.opt -a -r -t2 -W2
gnupdt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -X
gnupdt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -x
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -a -r - t2
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -a -r - t2 @sir.opt
gnupdt bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod +p
geonap bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,impz,uepp,riod -a -r - t2 @sir.opt

**ANEXO 04**

**ARQUIVOS CRIADOS PELO PROGRAMA GEONAP USANDO**

**EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS**

**ANEXO 4.1**

**ARQUIVO DO DIA JL 147 CRIADO PELO PROGRAMA GEONAP  
USANDO EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS**

\*\*\*\* 17-DEC-96 -- 00:38 -- SN: 015000 \*\*\*\*

GEONAP bra 147 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,  
impz,uepp -a -r -t2 -Fsant,0.0001 -Fkour,0.0001 -Fareq,0.0001 -Ffort,0.0001

Ambiguity estimation disabled

Tropospheric parameter estimation enabled

Fiducial Point: sant Sx: 0.000 m

Fiducial Point: kour Sx: 0.000 m

Fiducial Point: areq Sx: 0.000 m

Fiducial Point: fort Sx: 0.000 m

Reference System is WGS84

Ref: 1 curi para 25.300

Ref: 2 para uepp 430236.576

Ref: 3 bomj braz 564847.259

Ref: 4 braz vico 750554.872

Ref: 5 braz uepp 777286.878

Ref: 6 uepp cuib 876276.040

Ref: 7 bomj impz 967329.378

Ref: 8 fort impz 1021081.447

Ref: 9 kour mana 1225387.977

Ref: 10 kour impz 1324113.599

Ref: 11 cuib areq 1649096.546

Ref: 12 sant areq 1844038.508

Allocating memory for 401 Unknowns

Allocating memory for 312 Ambiguities

Initializing Receiver: sant at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: kour at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: fort at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: areq at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: braz at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: para at: 518429: 5 Unknowns

Initializing Receiver: uepp at: 518459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: vico at: 518519: 5 Unknowns

Initializing Receiver: cuib at: 519239: 5 Unknowns

Initializing Receiver: mana at: 520199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: impz at: 520199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: bomj at: 520259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: curi at: 520709: 5 Unknowns

Sigma0: 18.252

coordinates, coordinate differences and their standard deviations:

sant	1769693.3097	-5044574.1386	-3468321.0644
kour	3839591.4535	-5059567.5478	579956.9027
fort	4985386.6547	-3954998.5743	-428426.5382
areq	1942826.7246	-5804070.2483	-1796894.0103
bomj	4510195.9884	-4268322.2559	-1453035.5027
curi	3763730.4334	-4365122.2619	-2724416.4163
para	3763751.7054	-4365113.8091	-2724404.9887
mana	3179009.7083	-5518662.2886	-344401.9567
cuib	3430711.5535	-5099641.6730	-1699433.1747
braz	4115014.2100	-4550641.6027	-1741444.2569
vico	4373283.3976	-4059638.9828	-2246969.9406
impz	4289656.4750	-4680884.6940	-606347.4558
uepp	3687624.4290	-4620818.6588	-2386880.6499

sant --> sant	1769693.2901	-5044574.2222	-3468320.9506	0.0000
	0.0013	0.0013	0.0013	0.0000
sant --> kour	2069898.1584	-14993.3240	4048277.8848	4546785.3499
	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
sant --> fort	3215693.3843	1089575.7285	3039894.2707	4557281.6883
	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
sant --> areq	173133.4334	-759496.0541	1671427.0092	1844038.4186
	0.0019	0.0019	0.0018	0.0018
sant --> bomj	2740502.1690	776253.7689	2015284.9113	3489168.2857
	0.0135	0.0128	0.0050	0.0084
sant --> curi	1994037.4576	679451.6612	743902.5168	2234106.2859
	0.0137	0.0142	0.0079	0.0096
sant --> para	1994058.0491	679460.7889	743914.5282	2234131.4402
	0.0139	0.0144	0.0081	0.0099
sant --> mana	1409318.3332	-474087.9913	3123918.7521	3459740.7356
	0.0136	0.0169	0.0038	0.0065
sant --> cuib	1661018.6342	-55067.4254	1768886.8441	2427133.2868
	0.0129	0.0143	0.0055	0.0073
sant --> braz	2345320.8681	493932.6483	1726875.7676	2954081.8121
	0.0352	0.0361	0.0148	0.0163
sant --> vico	2603589.1782	984936.8275	1221360.6143	3039818.8948
	0.0143	0.0137	0.0068	0.0096
sant --> impz	2519961.9200	363693.0199	2861973.1797	3830583.6595
	0.0134	0.0133	0.0039	0.0073
sant --> uepp	1917931.1313	423755.8024	1081438.8286	2242217.3722
	0.0132	0.0138	0.0069	0.0090
normal end				

**ANEXO 4.2**

**ARQUIVO DO DIA JL 149 CRIADO PELO PROGRAMA GEONAP  
USANDO EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS**

\*\*\*\* 06-DEC-96 -- 21:30 -- SN: 015000 \*\*\*\*

GEONAP bra 149 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,  
impz,uepp -a -r -t2 -Fsant,0.0001 -Fkour,0.0001 -Fareq,0.0001 -fort,0.0001

Ambiguity estimation disabled

Tropospheric parameter estimation enabled

Fiducial Point: sant Sx: 0.000 m

Fiducial Point: kour Sx: 0.000 m

Fiducial Point: areq Sx: 0.000 m

Fiducial Point: fort Sx: 0.000 m

Reference System is WGS84

Ref: 1 curi para 25.300

Ref: 2 para uepp 430236.576

Ref: 3 bomj braz 564847.259

Ref: 4 braz vico 750554.872

Ref: 5 braz uepp 777286.878

Ref: 6 uepp cuib 876276.040

Ref: 7 bomj impz 967329.378

Ref: 8 fort impz 1021081.447

Ref: 9 kour mana 1225387.977

Ref: 10 kour impz 1324113.599

Ref: 11 cuib areq 1649096.546

Ref: 12 sant areq 1844038.508

Allocating memory for 401 Unknowns

Allocating memory for 312 Ambiguities

Initializing Receiver: sant at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: kour at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: fort at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: areq at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: braz at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: para at: 86429: 5 Unknowns

Initializing Receiver: vico at: 86459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: uepp at: 86459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: cuib at: 86489: 5 Unknowns

Initializing Receiver: impz at: 86999: 5 Unknowns

Initializing Receiver: curi at: 87119: 5 Unknowns

Initializing Receiver: bomj at: 88259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: mana at: 88259: 5 Unknowns

Sigma0: 6.792

coordinates, coordinate differences and their standard deviations:

sant	1769693.3093	-5044574.1290	-3468321.0783
kour	3839591.4543	-5059567.5479	579956.8971
fort	4985386.6550	-3954998.5814	-428426.5259
areq	1942826.7249	-5804070.2466	-1796894.0129
bomj	4510196.0030	-4268322.3078	-1453035.5215
curi	3763730.0851	-4365122.0021	-2724416.1784
para	3763751.4231	-4365113.6246	-2724404.8146
mana	3179009.6346	-5518662.4032	-344401.9899
cuib	3430711.3648	-5099641.6141	-1699433.1121
braz	4115014.0313	-4550641.4138	-1741444.1926
vico	4373283.3049	-4059638.9841	-2246959.9495
impz	4289656.7574	-4680885.1116	-606347.5369
uepp	3687624.1937	-4620818.5155	-2386880.5086

sant --> sant	1769693.3093	-5044574.1290	-3468321.0783	0.0000
	0.0003	0.0003	0.0003	0.0000
sant --> kour	2069898.1450	-14993.4189	4048277.9755	4546785.4249
	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
sant --> fort	3215693.3457	1089575.5476	3039894.5524	4557281.8058
	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
sant --> areq	173133.4156	-759496.1176	1671427.0654	1844038.4939
	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
sant --> bomj	2740502.6937	776251.8213	2015285.5569	3489168.6373
	0.0026	0.0024	0.0010	0.0016
sant --> curi	1994036.7758	679452.1270	743904.8999	2234106.6126
	0.0026	0.0026	0.0015	0.0018
sant --> para	1994058.1137	679460.5044	743916.2638	2234131.9893
	0.0027	0.0028	0.0016	0.0019
sant --> mana	1409316.3252	-474088.2742	3123919.0884	3459740.2601
	0.0026	0.0032	0.0007	0.0012
sant --> cuib	1661018.0555	-55067.4850	1768887.9662	2427133.7099
	0.0025	0.0027	0.0011	0.0014
sant --> braz	2345320.7219	493932.7152	1726876.8857	2954082.3608
	0.0075	0.0080	0.0033	0.0034
sant --> vico	2603589.9956	984935.1449	1221361.1288	3039819.2564
	0.0028	0.0026	0.0013	0.0018
sant --> impz	2519963.4481	363689.0175	2861973.5414	3830584.5550
	0.0026	0.0025	0.0007	0.0014
sant --> uepp	1917930.8844	423755.6136	1081440.5697	2242217.9651
	0.0026	0.0026	0.0013	0.0017
normal end				



**ANEXO 4.3**

**ARQUIVO DO DIA JL 151 CRIADO PELO PROGRAMA GEONAP  
USANDO EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS**

\*\*\*\* 14-DEC-96 -- 02:47 -- SN: 015000 \*\*\*\*

GEONAP bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,  
impz,uepp,riod -a -r -t2 -Fsant,0.0001 -Fkour,0.0001 -Fareq,0.0001 -  
Ffort,0.0001

Ambiguity estimation disabled

Tropospheric parameter estimation enabled

Fiducial Point: sant Sx: 0.000 m

Fiducial Point: kour Sx: 0.000 m

Fiducial Point: areq Sx: 0.000 m

Fiducial Point: fort Sx: 0.000 m

Reference System is WGS84

Ref: 1 curi para 25.300

Ref: 2 vico riod 232130.257

Ref: 3 para uepp 430236.576

Ref: 4 bomj braz 564847.259

Ref: 5 para riod 668606.519

Ref: 6 braz vico 750554.872

Ref: 7 uepp cuib 876276.040

Ref: 8 bomj impz 967329.378

Ref: 9 fort impz 1021081.447

Ref: 10 kour mana 1225387.977

Ref: 11 kour impz 1324113.599

Ref: 12 cuib areq 1649096.546

Ref: 13 sant areq 1844038.508

Allocating memory for 430 Unknowns

Allocating memory for 336 Ambiguities

Initializing Receiver: sant at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: kour at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: fort at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: areq at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: braz at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: para at: 259229: 5 Unknowns

Initializing Receiver: cuib at: 259259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: vico at: 259259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: riod at: 259259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: uepp at: 259289: 5 Unknowns

Initializing Receiver: curi at: 259649: 5 Unknowns

Initializing Receiver: impz at: 260459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: bomj at: 261059: 5 Unknowns

Initializing Receiver: mana at: 261059: 5 Unknowns

Sigma0: 7.413

coordinates, coordinate differences and their standard deviations:

sant	1769693.3126	-5044574.1307	-3468321.0746
kour	3839591.4541	-5059567.5481	579956.8960
fort	4985386.6544	-3954998.5805	-428426.5216
areq	1942826.7234	-5804070.2450	-1796894.0187
bomj	4510196.0267	-4268322.3282	-1453035.4658
curi	3763730.3036	-4365122.0746	-2724416.1704
para	3763751.6235	-4365113.7055	-2724404.8079
mana	3179009.4102	-5518662.4411	-344401.9867
cuib	3430711.4630	-5099641.6429	-1699433.0839
braz	4115014.1437	-4550641.4516	-1741444.1477
vico	4373283.3968	-4059639.0100	-2246959.8959
impz	4289656.7177	-4680885.1758	-606347.5145
uepp	3687624.3507	-4620818.6124	-2386880.4938
riod	4280294.9508	-4034431.1571	-2458141.5438

sant --> sant	1769693.3126	-5044574.1307	-3468321.0746	0.0000
	0.0003	0.0003	0.0003	0.0000
sant --> kour	2069898.1415	-14993.4175	4048277.9706	4546785.4190
	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
sant --> fort	3215693.3418	1089575.5502	3039894.5529	4557281.8040
	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
sant --> areq	173133.4109	-759496.1144	1671427.0559	1844038.4835
	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
sant --> bomj	2740502.7141	776251.8025	2015285.6088	3489168.6792
	0.0029	0.0026	0.0010	0.0018
sant --> curi	1994036.9910	679452.0561	743904.9042	2234106.7845
	0.0029	0.0029	0.0016	0.0020
sant --> para	1994058.3109	679460.4251	743916.2667	2234132.1421
	0.0030	0.0030	0.0017	0.0022
sant --> mana	1409316.0976	-474088.3105	3123919.0879	3459740.1719
	0.0029	0.0034	0.0008	0.0013
sant --> cuib	1661018.1504	-55067.5122	1768887.9907	2427133.7933
	0.0027	0.0029	0.0011	0.0016
sant --> braz	2345320.8311	493932.6791	1726876.9269	2954082.4655
	0.0087	0.0098	0.0037	0.0039
sant --> vico	2603590.0842	984935.1206	1221361.1787	3039819.3445
	0.0030	0.0027	0.0014	0.0020
sant --> impz	2519963.4051	363688.9549	2861973.5601	3830584.5347
	0.0028	0.0028	0.0008	0.0015
sant --> uepp	1917931.0381	423755.5183	1081440.5808	2242218.0840
	0.0028	0.0028	0.0014	0.0019
sant --> rioc	2510601.6382	1010142.9736	1010179.5308	2888593.4462
	0.0030	0.0029	0.0015	0.0021

normal end

**ANEXO 05**

**ARQUIVOS CRIADOS PELO PROGRAMA GEONAP USANDO**

**EFEMÉRIDES PRECISAS**

**ANEXO 5.1**

**ARQUIVO DO DIA JL 147 CRIADO PELO PROGRAMA GEONAP  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS**

\*\*\*\* 17-DEC-96 -- 02:43 -- SN: 015000 \*\*\*\*

GEONAP bra 147 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,  
impz,uepp -a -r -t2 -Fsant,0.0001 -Fkour,0.0001 -Fareq,0.0001 -Ffort,0.0001

Ambiguity estimation disabled

Tropospheric parameter estimation enabled

Fiducial Point: sant Sx: 0.000 m

Fiducial Point: kour Sx: 0.000 m

Fiducial Point: areq Sx: 0.000 m

Fiducial Point: fort Sx: 0.000 m

Reference System is WGS84

Ref: 1 curi para 25.300

Ref: 2 para uepp 430236.576

Ref: 3 bomj braz 564847.259

Ref: 4 braz vico 750554.872

Ref: 5 braz uepp 777286.878

Ref: 6 uepp cuib 876276.040

Ref: 7 bomj impz 967329.378

Ref: 8 fort impz 1021081.447

Ref: 9 kour mana 1225387.977

Ref: 10 kour impz 1324113.599

Ref: 11 cuib areq 1649096.546

Ref: 12 sant areq 1844038.508

Allocating memory for 401 Unknowns

Allocating memory for 312 Ambiguities

Initializing Receiver: sant at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: kour at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: fort at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: areq at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: braz at: 518399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: para at: 518429: 5 Unknowns

Initializing Receiver: uepp at: 518459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: vico at: 518519: 5 Unknowns

Initializing Receiver: cuib at: 519239: 5 Unknowns

Initializing Receiver: mana at: 520199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: impz at: 520199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: bomj at: 520259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: curi at: 520709: 5 Unknowns

Sigma0: 1.749

coordinates, coordinate differences and their standard deviations:

sant	1769693.3119	-5044574.1293	-3468321.0770
kour	3839591.4541	-5059567.5480	579956.8992
fort	4985386.6525	-3954998.5833	-428426.5225
areq	1942826.7247	-5804070.2452	-1796894.0179
bomj	4510196.0472	-4268322.4562	-1453035.4431
curi	3763730.3985	-4365122.2287	-2724416.1921
para	3763751.7461	-4365113.8508	-2724404.8294
mana	3179009.4955	-5518662.2969	-344401.9298
cuib	3430711.5123	-5099641.6758	-1699433.0712
braz	4115014.2157	-4550641.6059	-1741444.1540
vico	4373283.5008	-4059639.1592	-2246959.8966
impz	4289656.6155	-4680885.0820	-606347.4430
uepp	3687624.4298	-4620818.6854	-2386880.4863

sant --> sant	1769693.3119	-5044574.1293	-3468321.0770	0.0000
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
sant --> kour	2069898.1421	-14993.4187	4048277.9762	4546785.4242
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> fort	3215693.3406	1089575.5460	3039894.5545	4557281.8032
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> areq	173133.4128	-759496.1159	1671427.0592	1844038.4873
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> bomj	2740502.7352	776251.6731	2015285.6340	3489168.6815
	0.0013	0.0013	0.0005	0.0008
sant --> curi	1994037.0865	679451.9006	743904.8849	2234106.8161
	0.0013	0.0014	0.0008	0.0009
sant --> para	1994058.4341	679460.2785	743916.2476	2234132.2012
	0.0014	0.0014	0.0008	0.0010
sant --> mana	1409316.1835	-474088.1676	3123919.1473	3459740.2409
	0.0013	0.0017	0.0004	0.0006
sant --> cuib	1661018.2004	-55067.5465	1768888.0058	2427133.8393
	0.0013	0.0014	0.0005	0.0007
sant --> braz	2345320.9038	493932.5234	1726876.9230	2954082.4949
	0.0034	0.0035	0.0015	0.0016
sant --> vico	2603590.1888	984934.9701	1221361.1805	3039819.3861
	0.0014	0.0013	0.0007	0.0009
sant --> impz	2519963.3036	363689.0473	2861973.6341	3830584.5320
	0.0013	0.0013	0.0004	0.0007
sant --> uepp	1917931.1178	423755.4439	1081440.5907	2242218.1429
	0.0013	0.0014	0.0007	0.0009
normal end				

**ANEXO 5.2**

**ARQUIVO DO DIA JL 149 CRIADO PELO PROGRAMA GEONAP  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS**



\*\*\*\* 11-DEC-96 -- 17:59 -- SN: 015000 \*\*\*\*

GEONAP bra 149 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,  
impz,uepp,riod -a -r -t2 -Fsant,0.0001 -Fkour,0.0001 -Fareq,0.0001 -  
Ffort,0.0001

Ambiguity estimation disabled

Tropospheric parameter estimation enabled

Fiducial Point: sant Sx: 0.000 m

Fiducial Point: kour Sx: 0.000 m

Fiducial Point: areq Sx: 0.000 m

Fiducial Point: fort Sx: 0.000 m

Reference System is WGS84

Ref: 1 curi para 25.300

Ref: 2 vico riod 232130.257

Ref: 3 para uepp 430236.576

Ref: 4 bomj braz 564847.259

Ref: 5 para riod 668606.519

Ref: 6 braz vico 750554.872

Ref: 7 uepp cuib 876276.040

Ref: 8 bomj impz 967329.378

Ref: 9 fort impz 1021081.447

Ref: 10 kour mana 1225387.977

Ref: 11 kour impz 1324113.599

Ref: 12 cuib areq 1649096.546

Ref: 13 sant areq 1844038.508

Allocating memory for 430 Unknowns

Allocating memory for 336 Ambiguities

Initializing Receiver: sant at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: kour at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: fort at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: areq at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: braz at: 86399: 5 Unknowns

Initializing Receiver: para at: 86429: 5 Unknowns

Initializing Receiver: vico at: 86459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: uepp at: 86459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: cuib at: 86489: 5 Unknowns

Initializing Receiver: impz at: 86999: 5 Unknowns

Initializing Receiver: curi at: 87119: 5 Unknowns

Initializing Receiver: bomj at: 88259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: mana at: 88259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: riod at: 128729: 5 Unknowns

Sigma0: 1.837

coordinates, coordinate differences and their standard deviations:

sant	1769693.3119	-5044574.1295	-3468321.0768
kour	3839591.4541	-5059567.5480	579956.8985
fort	4985386.6531	-3954998.5833	-428426.5214
areq	1942826.7241	-5804070.2450	-1796894.0190
bomj	4510196.0152	-4268322.4826	-1453035.4537
curi	3763730.3801	-4365122.2822	-2724416.2199
para	3763751.7167	-4365113.9002	-2724404.8519
mana	3179009.4586	-5518662.3168	-344401.9354
cuib	3430711.4702	-5099641.6947	-1699433.0778
braz	4115014.1254	-4550641.5906	-1741444.1398
vico	4373283.4782	-4059639.1964	-2246959.9122
impz	4289656.5730	-4680885.1130	-606347.4537
uepp	3687624.3959	-4620818.7272	-2386880.5050
riod	4280295.0315	-4034431.3418	-2458141.5678

sant --> sant	1769693.3119	-5044574.1295	-3468321.0768	0.0000
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
sant --> kour	2069898.1422	-14993.4185	4048277.9754	4546785.4235
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> fort	3215693.3412	1089575.5462	3039894.5554	4557281.8043
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> areq	173133.4123	-759496.1155	1671427.0578	1844038.4859
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> bomj	2740502.7033	776251.6469	2015285.6232	3489168.6444
	0.0014	0.0013	0.0005	0.0008
sant --> curi	1994037.0682	679451.8472	743904.8569	2234106.7741
	0.0013	0.0014	0.0008	0.0009
sant --> para	1994058.4048	679460.2293	743916.2249	2234132.1525
	0.0014	0.0014	0.0008	0.0010
sant --> mana	1409316.1467	-474088.1873	3123919.1414	3459740.2233
	0.0014	0.0017	0.0004	0.0006
sant --> cuib	1661018.1583	-55067.5653	1768887.9991	2427133.8060
	0.0013	0.0014	0.0005	0.0007
sant --> braz	2345320.8135	493932.5389	1726876.9370	2954082.4340
	0.0039	0.0041	0.0017	0.0018
sant --> vico	2603590.1663	984934.9331	1221361.1646	3039819.3484
	0.0014	0.0014	0.0007	0.0009
sant --> impz	2519963.2612	363689.0165	2861973.6231	3830584.4930
	0.0013	0.0013	0.0004	0.0007
sant --> uepp	1917931.0840	423755.4023	1081440.5718	2242218.0970
	0.0013	0.0014	0.0007	0.0009
sant --> rioc	2510601.7196	1010142.7877	1010179.5090	2888593.4443
	0.0019	0.0021	0.0010	0.0012

normal end

**ANEXO 5.3**

**ARQUIVO DO DIA JL 151 CRIADO PELO PROGRAMA GEONAP  
USANDO EFEMÉRIDES PRECISAS**

\*\*\*\* 14-DEC-96 -- 05:35 -- SN: 015000 \*\*\*\*

GEONAP bra 151 1 sant,kour,fort,areq,bomj,curi,para,mana,cuib,braz,vico,  
impz,uepp,riod -a -r -t2 -Fsant,0.0001 -Fkour,0.0001 -Fareq,0.0001 -  
Ffort,0.0001

Ambiguity estimation disabled

Tropospheric parameter estimation enabled

Fiducial Point: sant Sx: 0.000 m

Fiducial Point: kour Sx: 0.000 m

Fiducial Point: areq Sx: 0.000 m

Fiducial Point: fort Sx: 0.000 m

Reference System is WGS84

Ref: 1 curi para 25.300

Ref: 2 vico riody 232130.257

Ref: 3 para uepp 430236.576

Ref: 4 bomj braz 564847.259

Ref: 5 para riody 668606.519

Ref: 6 braz vico 750554.872

Ref: 7 uepp cuib 876276.040

Ref: 8 bomj impz 967329.378

Ref: 9 fort impz 1021081.447

Ref: 10 kour mana 1225387.977

Ref: 11 kour impz 1324113.599

Ref: 12 cuib areq 1649096.546

Ref: 13 sant areq 1844038.508

Allocating memory for 430 Unknowns

Allocating memory for 336 Ambiguities

Initializing Receiver: sant at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: kour at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: fort at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: areq at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: braz at: 259199: 5 Unknowns

Initializing Receiver: para at: 259229: 5 Unknowns

Initializing Receiver: cuib at: 259259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: vico at: 259259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: riody at: 259259: 5 Unknowns

Initializing Receiver: uepp at: 259289: 5 Unknowns

Initializing Receiver: curi at: 259649: 5 Unknowns

Initializing Receiver: impz at: 260459: 5 Unknowns

Initializing Receiver: bomj at: 261059: 5 Unknowns

Initializing Receiver: mana at: 261059: 5 Unknowns

Sigma0: 3.043

coordinates, coordinate differences and their standard deviations:

sant	1769693.3121	-5044574.1300	-3468321.0760
kour	3839591.4541	-5059567.5481	579956.8985
fort	4985386.6526	-3954998.5830	-428426.5217
areq	1942826.7244	-5804070.2448	-1796894.0191
bomj	4510196.0406	-4268322.4910	-1453035.4423
curi	3763730.4155	-4365122.3031	-2724416.2179
para	3763751.7560	-4365113.9259	-2724404.8526
mana	3179009.4805	-5518662.3783	-344401.9320
cuib	3430711.4978	-5099641.7310	-1699433.0750
braz	4115014.1818	-4550641.6388	-1741444.1443
vico	4373283.5004	-4059639.1990	-2246959.9035
impz	4289656.6093	-4680885.1260	-606347.4433
uepp	3687624.4281	-4620818.7520	-2386880.5030
riody	4280295.0744	-4034431.3833	-2458141.5748

sant --> sant	1769693.3121	-5044574.1300	-3468321.0760	0.0000
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000
sant --> kour	2069898.1420	-14993.4181	4048277.9746	4546785.4227
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> fort	3215693.3405	1089575.5470	3039894.5543	4557281.8032
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> areq	173133.4124	-759496.1149	1671427.0569	1844038.4848
	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
sant --> bomj	2740502.7285	776251.6389	2015285.6337	3489168.6685
	0.0018	0.0016	0.0007	0.0011
sant --> curi	1994037.1034	679451.8268	743904.8582	2234106.7998
	0.0018	0.0018	0.0010	0.0013
sant --> para	1994058.4440	679460.2040	743916.2234	2234132.1792
	0.0019	0.0019	0.0011	0.0014
sant --> mana	1409316.1684	-474088.2484	3123919.1441	3459740.2429
	0.0018	0.0022	0.0005	0.0008
sant --> cuib	1661018.1857	-55067.6010	1768888.0010	2427133.8270
	0.0017	0.0018	0.0007	0.0010
sant --> braz	2345320.8698	493932.4911	1726876.9317	2954082.4676
	0.0056	0.0063	0.0024	0.0025
sant --> vico	2603590.1883	984934.9310	1221361.1726	3039819.3698
	0.0019	0.0018	0.0009	0.0013
sant --> impz	2519963.2972	363689.0040	2861973.6328	3830584.5227
	0.0018	0.0018	0.0005	0.0010
sant --> uepp	1917931.1160	423755.3780	1081440.5731	2242218.1204
	0.0018	0.0018	0.0009	0.0012
sant --> rioc	2510601.7623	1010142.7466	1010179.5012	2888593.4643
	0.0019	0.0019	0.0010	0.0013
normal end				

**ANEXO 06**

**ARQUIVO SOLUÇÃO DO AJUSTAMENTO GERAL DA REDE**

**SIRGAS**

sant	1769693.3314	-5044574.1849	-3468321.1149
kour	3839591.4127	-5059567.4934	579956.8924
fort	4985386.6528	-3954998.5832	-428426.5220
areq	1942826.7460	-5804070.3096	-1796894.0387
bomj	4510196.0335	-4268322.4764	-1453035.4485
curi	3763730.3925	-4365122.2646	-2724416.1990
para	3763751.7366	-4365113.8966	-2724404.8447
mana	3179009.4797	-5518662.3308	-344401.9339
cuib	3430711.4922	-5099641.7014	-1699433.0764
braz	4115014.1711	-4550641.6106	-1741444.1464
vico	4373283.4942	-4059639.1851	-2246959.9066
impz	4289656.5956	-4680885.1056	-606347.4485
uepp	3687624.4157	-4620818.7211	-2386880.4998
riod	4280295.0607	-4034431.3547	-2458141.5694
.1403771403449E-05	.7018689998204E-09	-.3945912675880E-08	
.7018689998204E-09	.1395123326500E-05	.2079708240378E-07	
-.3945912675880E-08	.2079708240378E-07	.1377236103958E-05	
.1600304864876E-09	-.1993201603281E-09	-.2435282839354E-08	
-.1508691356949E-09	.3724872194937E-09	.3773370427899E-08	
.2846117074982E-09	-.6219299943252E-09	-.6408051357514E-08	
.1996449701250E-08	.2914384394986E-09	-.1156139233306E-08	
.2593102951328E-08	.7559527227126E-08	-.5943755977362E-09	
-.2620354033806E-08	-.1054788664291E-07	.8658662539046E-09	
.3362936344514E-08	-.1144875754102E-08	.6735724577032E-08	
-.3115674962038E-08	.6823307431071E-08	-.2252054703845E-07	
.6135071650314E-08	-.1018397588667E-07	.3551500022794E-07	
.3487543976607E-06	-.2012338902131E-06	-.2455526541923E-07	
-.3423134746774E-06	.5814668641351E-06	.1632840177933E-07	
.6552107380514E-06	-.9184408849054E-06	-.3294587468679E-07	
.3778376912343E-06	-.2092335372136E-06	-.1191553406646E-07	
-.3190584830068E-06	.5922784645832E-06	-.2825899774666E-07	
.6207957721020E-06	-.9234851343882E-06	.4569565300683E-07	
.3779080291463E-06	-.2120762936214E-06	-.1464949011732E-07	
-.3299811741995E-06	.5972782549825E-06	-.2171583499826E-07	
.6387036731905E-06	-.9332987152260E-06	.3364491713597E-07	
.3657287257321E-06	-.1741957447503E-06	-.4370170032789E-07	
-.3791103663570E-06	.5213872885231E-06	.4520186734914E-07	
.7245454288081E-06	-.8359734492571E-06	-.8405070919080E-07	
.3696977731294E-06	-.1875685167557E-06	-.2066875756566E-07	
-.3565175431490E-06	.5754107095002E-06	.1058474263778E-07	
.6788672417431E-06	-.9002366271845E-06	-.2194393860263E-07	
.3405694044214E-06	-.1657558954263E-06	-.1541997462549E-07	
-.3383926177074E-06	.5921623819581E-06	.1861626799836E-07	
.6479828943097E-06	-.9188697416357E-06	-.3151694637061E-07	
.3572426058512E-06	-.2099173850435E-06	-.1507689199179E-07	
-.3320366661195E-06	.5942398076234E-06	-.5624609333049E-08	
.6421981001003E-06	-.9361477004760E-06	.4306997297912E-08	
.3325683967611E-06	-.1810584411218E-06	-.3620992315444E-07	
-.3569027138800E-06	.5555461839211E-06	.3938207581723E-07	
.6717903993194E-06	-.8789676109984E-06	-.7214261377664E-07	
.3758554881680E-06	-.2041457932895E-06	-.1503939178097E-07	

-.3367548652960E-06	.5910437236103E-06	-.1287622416616E-07
.6507275539720E-06	-.9248007703749E-06	.1770468355162E-07
.3578053838351E-06	-.2038134692615E-06	-.1332578645400E-07
-.3273880770445E-06	.5913900796231E-06	-.1387934900143E-07
.6350692837871E-06	-.9273389645239E-06	.1851488665880E-07
.1409180817917E-05	-.1305570833431E-09	.1108314888146E-08
-.1305570833431E-09	.1409176486132E-05	-.2770777148367E-08
.1108314888146E-08	-.2770777148367E-08	.1376781540479E-05
.1803320976157E-09	.1601052282377E-09	-.1123669872325E-08
.3835959817069E-09	.3220393725003E-09	.2744177327614E-08
.2479557569157E-08	.1712624741073E-08	.3116161808285E-07
.2018763057862E-09	.1006251712370E-09	-.1796830745261E-09
-.1000640281623E-09	-.1543761197122E-09	.4782283253456E-09
-.1732473815037E-08	-.2250791979047E-08	.6448276355239E-08
.3073224001162E-07	-.1402526675088E-07	-.8406071776087E-08
-.2416784124014E-07	.3353863059364E-07	.1460069693803E-07
-.3579136491873E-06	.3510601574298E-06	.1736955362442E-06
.2473883846229E-07	-.5984248075597E-08	-.4018326701953E-08
-.2540957827663E-07	.3023049350798E-07	.1271042657595E-07
-.3468379050130E-06	.3075624651122E-06	.1485032038088E-06
.2513342511476E-07	-.6196547773132E-08	-.4020217306062E-08
-.2432735862876E-07	.2911751859099E-07	.1193062770041E-07
-.3421946984247E-06	.3018112776237E-06	.1440438245536E-06
.2758175764518E-07	-.7339196011698E-08	-.7365191404931E-08
-.2790586946597E-07	.3981797411058E-07	.1630038559229E-07
-.3545493765802E-06	.3392364324517E-06	.1798463046188E-06
.2651646738481E-07	-.7998399997643E-08	-.6199227329077E-08
-.2688739762987E-07	.3446690345381E-07	.1615550024965E-07
-.3565571347561E-06	.3307736278353E-06	.1755608373336E-06
.2321596390010E-07	-.5597303097375E-08	-.4960003533096E-08
-.2107244226675E-07	.2929585953013E-07	.1299015831295E-07
-.3175851912744E-06	.3069067228792E-06	.1561475094848E-06
.2829181433516E-07	-.1060689130949E-07	-.7389623746050E-08
-.2435560087354E-07	.3301748815575E-07	.1369541108838E-07
-.3588304438788E-06	.3502911407956E-06	.1716452554417E-06
.2982115899224E-07	-.1366839595922E-07	-.7759211596118E-08
-.2377516666889E-07	.3344122074565E-07	.1509059005092E-07
-.3396582113414E-06	.3329332122528E-06	.1719000488633E-06
.2620144617821E-07	-.8103051836422E-08	-.5659740679409E-08
-.2528656456816E-07	.3023382223688E-07	.1355347487031E-07
-.3516750292579E-06	.3109758570476E-06	.1588591881289E-06
.2562089191832E-07	-.8933967235638E-08	-.5210495118443E-08
-.2397647723125E-07	.3157978334298E-07	.1289127329735E-07
-.3394176982730E-06	.3290486052337E-06	.1537315792750E-06
.1402153333901E-05	-.3736439672396E-08	-.1691220311773E-08
-.3736439672396E-08	.1396801816492E-05	.1750800348497E-07
-.1691220311773E-08	.1750800348497E-07	.1312776966721E-05
.4674051504044E-08	.7592054581439E-09	.2897174489710E-08
.3339921325012E-08	.4541354456418E-08	-.9567201048713E-08
.2180863339184E-08	-.2018722441612E-07	.6746462420823E-07
.5241244662776E-06	.3621225456722E-06	.7953787449402E-07
.3974258416436E-06	.5334684361850E-06	.2701072959308E-07
-.3686146200725E-06	.9423987910447E-06	.9384545679807E-06



.4726491967262E-06	.3774440685979E-06	.9775343556431E-07
.3614293067996E-06	.5018092507522E-06	.3522797237202E-07
-.3911867708539E-06	.1030298999923E-05	.8347796696456E-06
.4714078178998E-06	.3757375300481E-06	.9878458004607E-07
.3653737484404E-06	.4973522363352E-06	.3237092330632E-07
-.3911018564660E-06	.1029601621191E-05	.8354207997621E-06
.5430456522044E-06	.3383868991020E-06	.9334918342523E-07
.4255270891184E-06	.5002292290370E-06	.2912783678681E-07
-.4764873679360E-06	.8611628851537E-06	.1027141119780E-05
.4796396276856E-06	.3650238901546E-06	.9112734215592E-07
.3537370432381E-06	.5066853741058E-06	.3436256390308E-07
-.3982009247153E-06	.9558732989375E-06	.9039046736331E-06
.4909454046553E-06	.3568145383957E-06	.8698194085889E-07
.3595585688348E-06	.5302731168983E-06	.3164018243462E-07
-.3285030194745E-06	.8835664720951E-06	.8767773254318E-06
.4951713552989E-06	.3763870804887E-06	.9074679934339E-07
.3913676459502E-06	.5122956852136E-06	.2683552415447E-07
-.3756880303175E-06	.9893508692395E-06	.8691457104930E-06
.5922708380472E-06	.3337935119286E-06	.7959597278912E-07
.4203624945999E-06	.5547738610869E-06	.2163510405620E-07
-.3880763672019E-06	.8675504434150E-06	.1025693953087E-05
.4723911674413E-06	.3755437726037E-06	.9631400391100E-07
.3614707694250E-06	.4983025146403E-06	.3347043784722E-07
-.4027306964362E-06	.1034374906770E-05	.8685856641092E-06
.4856486825947E-06	.3761388267386E-06	.9500290951984E-07
.3837795021905E-06	.5104986106277E-06	.3085705390822E-07
-.4006454400912E-06	.1024875767303E-05	.8612104574712E-06
.1401469737785E-05	-.3939859681119E-09	-.7041090142414E-08
-.3939859681119E-09	.1398020323737E-05	.3233709688267E-07
-.7041090142414E-08	.3233709688267E-07	.1300241406159E-05
.4438922304896E-06	-.8987307188897E-07	-.2109580656721E-07
.4698460803536E-07	.1546620259503E-06	-.1011691071668E-06
.1962970905814E-06	-.4462734460963E-06	.3154362795408E-06
.4706522435959E-06	-.6931769110767E-07	-.1180256368500E-07
.6628549636096E-07	.1569959659069E-06	-.1126206768809E-06
.1470270409347E-06	-.4175390670853E-06	.3732613512404E-06
.4702855169752E-06	-.6933915948257E-07	-.1133282823624E-07
.7424176391781E-07	.1499378181702E-06	-.1186266757019E-06
.1305682479769E-06	-.4054079939711E-06	.3844500655316E-06
.4576280760171E-06	-.7185129445820E-07	-.3307091086220E-07
.2598128480433E-07	.2041252578277E-06	-.9202168491935E-07
.2817428010020E-06	-.5932904833244E-06	.2752505623764E-06
.4766546526168E-06	-.6929969187521E-07	-.2199434883664E-07
.6883343461785E-07	.1745388295846E-06	.1058612140554E-06
.1443367179130E-06	-.4694464785129E-06	.3391052611933E-06
.4851841224385E-06	-.9809852558464E-07	-.2665035891408E-07
.8027055572344E-07	.1323415743409E-06	-.1208676473331E-06
.1047403933510E-06	-.3393661595005E-06	.3878023250411E-06
.4594060636798E-06	-.9321036891926E-07	-.1915648775267E-07
.6164058481569E-07	.1490584326290E-06	-.1115029668244E-06
.1618436487274E-06	-.4213573183032E-06	.3532857782531E-06
.4056205411557E-06	-.6410578874215E-07	-.2634169519356E-07
.2038258710295E-07	.1751846804117E-06	-.8849204400237E-07

.2461757253682E-06	-.4936911114694E-06	.2707143371299E-06
.4701161463561E-06	-.6597017922749E-07	-.1424284431078E-07
.6653419705639E-07	.1671166362250E-06	-.1082694956090E-06
.1451873991819E-06	-.4464998053273E-06	.3555843107658E-06
.4688575969785E-06	-.9607333492213E-07	-.2088275916034E-07
.6339809523913E-07	.1489346591553E-06	-.1160043673190E-06
.1666403539305E-06	-.4304354080459E-06	.3637012544300E-06
.1440129558332E-03	-.7289358014187E-04	-.3231008796569E-04
-.7289358014187E-04	.1243424696249E-03	.3205448337351E-04
-.3231008796569E-04	.3205448337351E-04	.1793605498335E-04
.5619886861100E-04	-.1413847070089E-04	-.6767044726500E-05
-.1641252605635E-04	.3870845601988E-04	.8904947313107E-05
-.5752366442691E-05	.7013514714745E-05	.5537031047501E-05
.5610176734889E-04	-.1371923923263E-04	-.6322062918957E-05
-.1646515910124E-04	.3825297660592E-04	.8582636045345E-05
-.5824944775012E-05	.6884486315451E-05	.5456569647670E-05
.5425484611212E-04	-.1191142539799E-04	-.7870643590630E-05
-.1409177780871E-04	.3031634503467E-04	.6582828989117E-05
-.6162317996291E-05	.5543157237143E-05	.4934373745393E-05
.5603392002833E-04	-.1376814153507E-04	-.7053887451254E-05
-.1818813741332E-04	.3710452528271E-04	.8111612026605E-05
-.6817208184170E-05	.7311339919473E-05	.5557190679976E-05
.5835520006368E-04	-.1752368139301E-04	-.8358162341385E-05
-.1846498672600E-04	.4032732752289E-04	.9234035974461E-05
-.8484369831963E-05	.8962645693451E-05	.6433842586224E-05
.5915330078735E-04	-.1698840569851E-04	-.8359157890860E-05
-.1678279884112E-04	.4144419299166E-04	.9513472594312E-05
-.6933906724173E-05	.7679765336758E-05	.6141000644297E-05
.5328331488528E-04	-.1428599637754E-04	-.7073031485768E-05
-.1518502944414E-04	.3471511162278E-04	.6504588611885E-05
-.7330697173817E-05	.7473319816242E-05	.5093072635984E-05
.5642555382834E-04	-.1429912805082E-04	-.7091999484743E-05
-.1708672821946E-04	.3845569773560E-04	.8777007528011E-05
-.6386360243011E-05	.7524402519777E-05	.5795782832966E-05
.5876520053350E-04	-.1788063576551E-04	-.8357708468510E-05
-.1686583625135E-04	.4171676174419E-04	.9748391174305E-05
-.6736984539371E-05	.7830223414959E-05	.6163168778649E-05
.1430344271634E-03	-.8055686765680E-04	-.5235149377136E-04
-.8055686765680E-04	.1486068940477E-03	.6487292679444E-04
-.5235149377136E-04	.6487292679444E-04	.4470082133835E-04
.6894231299900E-04	-.2493015295623E-04	-.1190992669007E-04
-.2537655099073E-04	.5371721317428E-04	.1672497324963E-04
-.1254557281392E-04	.1678465515540E-04	.1183302510046E-04
.5244229106021E-04	-.1046835902241E-04	-.7466165724814E-05
-.8667293946296E-05	.2405082872735E-04	.5839190081539E-05
-.2388495918993E-05	.2404107322280E-05	.3992702977473E-05
.5899545204845E-04	-.1552050938006E-04	-.6485663386170E-05
-.1677446488927E-04	.3843788670986E-04	.7441543653641E-05
-.7154231919916E-05	.9513066077687E-05	.5903336928934E-05
.6099839767946E-04	-.2038918097587E-04	-.8667982253877E-05
-.2008560131159E-04	.4520806891773E-04	.1110705515986E-04
-.1164587124234E-04	.1436918592872E-04	.8670911594681E-05
.6331286073153E-04	-.2313671532954E-04	-.8542968426439E-05

-.2060272522598E-04	.5004602460764E-04	.1251899729761E-04
-.1059033040666E-04	.1484163921051E-04	.9296724073570E-05
.4830043055148E-04	-.1121334779879E-04	-.6045698872549E-05
-.9052858971571E-05	.2947702617003E-04	.5509692324041E-05
-.3079699823644E-05	.4704596164994E-05	.3938108094625E-05
.6467731978758E-04	-.2063598227905E-04	-.8880348264315E-05
-.2166733009410E-04	.4788736831970E-04	.1206739881270E-04
-.1056027275285E-04	.1432975004604E-04	.9158523832482E-05
.6541363608109E-04	-.2542659826084E-04	-.1013463740513E-04
-.2194450014759E-04	.5183679084383E-04	.1431998271369E-04
-.1108654255049E-04	.1571844205965E-04	.1042745082864E-04
.1697280673268E-03	-.1017234891276E-03	-.6909184252746E-04
-.1017234891276E-03	.1786917961773E-03	.8294204971199E-04
-.6909184252746E-04	.8294204971199E-04	.5771758734215E-04
.5202334872953E-04	-.9754329951204E-05	-.7365916799242E-05
-.8585854691142E-05	.2353160853978E-04	.5706514137827E-05
-.2000391942372E-05	.1853285727858E-05	.3908852563966E-05
.5880679690331E-04	-.1494152037911E-04	-.6326288998001E-05
-.1666683208123E-04	.3850490937929E-04	.7422432671814E-05
-.6753642389676E-05	.9186703586194E-05	.5777296627923E-05
.6275221089260E-04	-.2144378611510E-04	-.9234597356730E-05
-.2123821348957E-04	.4643777614561E-04	.1146150995812E-04
-.1233952211334E-04	.1498634139083E-04	.8994999246826E-05
.6309405187587E-04	-.2264368325986E-04	-.8484868896887E-05
-.1919095795167E-04	.4726794268193E-04	.1127203577955E-04
-.9663416189360E-05	.1315088295444E-04	.8618440870354E-05
.4792820704903E-04	-.1069286163935E-04	-.5919662356227E-05
-.8815058799109E-05	.2913511432822E-04	.5397030641132E-05
-.2674663581930E-05	.4300273717694E-05	.3846656733244E-05
.6471512178579E-04	-.2074269030374E-04	-.9041923775297E-05
-.2190690128937E-04	.4816825002984E-04	.1230161943175E-04
-.1031015293163E-04	.1424374383005E-04	.9138993841565E-05
.6671317400513E-04	-.2682797097397E-04	-.1122771225215E-04
-.2250123645501E-04	.5284711433150E-04	.1475404365288E-04
-.1148794946621E-04	.1618681398014E-04	.1088341336780E-04
.1450035233749E-03	-.9912674710352E-04	-.1450680099596E-04
-.9912674710352E-04	.2144286848014E-03	.1865425574019E-04
-.1450680099596E-04	.1865425574019E-04	.9628810572555E-05
.5363752388037E-04	-.1087498641857E-04	-.5708644395366E-05
-.1180067864736E-04	.2972069674310E-04	.6327458037593E-05
-.7170961806394E-05	.5588841704183E-05	.4664205626605E-05
.5399854661570E-04	-.1242423163200E-04	-.4892179603034E-05
-.1327463012533E-04	.3046994566225E-04	.5354926752397E-05
-.7447426740781E-05	.6198927180698E-05	.4653631837682E-05
.5365727242860E-04	-.1193519503309E-04	-.4289602377250E-05
-.1077699756971E-04	.2680091973922E-04	.3719731568947E-05
-.7773239544425E-05	.6269750530606E-05	.4436093554193E-05
.5740299140031E-04	-.1664152084989E-04	-.8076241111005E-05
-.1847044169187E-04	.3992608002109E-04	.7696657272669E-05
-.8228415132430E-05	.7540278591299E-05	.5565982159033E-05
.5250998899293E-04	-.8566945230752E-05	-.3302156023665E-05
-.1091223260879E-04	.2505056806864E-04	.3554616820133E-05
-.7478034308113E-05	.5818964490073E-05	.4233227364689E-05

.5365514844721E-04	-.1208580459915E-04	-.3651607250572E-05
-.1033700975071E-04	.2640785528221E-04	.2698373891231E-05
-.7841369666451E-05	.6319953786155E-05	.4297780195083E-05
.1312713278518E-03	-.7308885663975E-04	-.3168747392015E-04
-.7308885663975E-04	.1552317079015E-03	.4458790460414E-04
-.3168747392015E-04	.4458790460414E-04	.2183538875491E-04
.5826911305186E-04	-.1909616879369E-04	-.7946368302628E-05
-.1757549470134E-04	.4310559066557E-04	.1021639654223E-04
-.8973873171985E-05	.1067059123693E-04	.6851976196335E-05
.5753578974613E-04	-.1894365650461E-04	-.6892968671517E-05
-.1376683438707E-04	.3827907440357E-04	.8115487455490E-05
-.6787527836376E-05	.7928733771211E-05	.5833750826297E-05
.5065162514875E-04	-.1373713693539E-04	-.6486867724642E-05
-.1243598773835E-04	.3303192898422E-04	.5970878490610E-05
-.6269515878316E-05	.7169502776567E-05	.4798034409617E-05
.5955338996662E-04	-.1679302511552E-04	-.7543832009328E-05
-.1684953057108E-04	.4026407743937E-04	.1006063191668E-04
-.7213220541841E-05	.8216861491523E-05	.6244232108643E-05
.5797743853815E-04	-.1931683592672E-04	-.7127382293985E-05
-.1339135540656E-04	.3857346931539E-04	.8128585730233E-05
-.6611542459148E-05	.7884664809097E-05	.5858327712507E-05
.1135759275761E-02	-.1031970854149E-02	-.4362483263000E-03
-.1031970854149E-02	.1268684228453E-02	.4791235744598E-03
-.4362483263000E-03	.4791235744598E-03	.2076223503590E-03
.6283258253579E-04	-.2152813424546E-04	-.1126729658226E-04
-.1953733875858E-04	.4377021139296E-04	.1192834529098E-04
-.9439855865391E-05	.1059374677049E-04	.7981313504292E-05
.5197232421883E-04	-.1482135780214E-04	-.7069530112247E-05
-.1475652630730E-04	.3546408739132E-04	.6649321768043E-05
-.6293928328388E-05	.7321446356961E-05	.4927864517880E-05
.6002162811018E-04	-.1852965701462E-04	-.1020315276594E-04
-.2011051879820E-04	.4426880200984E-04	.1283692095298E-04
-.8679067225233E-05	.1101443481570E-04	.8062223884429E-05
.6233897069616E-04	-.2059013730556E-04	-.1164140960429E-04
-.1914227368005E-04	.4218909123459E-04	.1204444642229E-04
-.9149321069677E-05	.1002914692734E-04	.8165977407180E-05
.1613231779323E-03	-.8410838496876E-04	-.5184116199097E-04
-.8410838496876E-04	.1458918929086E-03	.5282118599472E-04
-.5184116199097E-04	.5282118599472E-04	.3479913552500E-04
.5029744516287E-04	-.1143246680062E-04	-.6405550455720E-05
-.1152705003763E-04	.3111859628683E-04	.5773814327089E-05
-.4879323789489E-05	.5586367474305E-05	.4407613944743E-05
.6114589355079E-04	-.1717800385060E-04	-.8242171910946E-05
-.2144731401165E-04	.4434474886799E-04	.1088052044186E-04
-.8227357855192E-05	.1066126989355E-04	.7588146675746E-05
.6854408783778E-04	-.2667032083294E-04	-.1289106976425E-04
-.2536383586677E-04	.5498202368321E-04	.1582122771180E-04
-.1137907848578E-04	.1480104629782E-04	.1037850557021E-04
.1428212592120E-03	-.8419723328401E-04	-.1926503465838E-04
-.8419723328401E-04	.1393643315876E-03	.2052663129459E-04
-.1926503465838E-04	.2052663129459E-04	.1000091367766E-04
.4876299100837E-04	-.9805461951349E-05	-.4233067137663E-05
-.1172740731325E-04	.3024771846709E-04	.5516132107758E-05

-.6222429824406E-05	.5705694076764E-05	.4266774965356E-05
.4979265808561E-04	-.1198055389337E-04	-.4451014838473E-05
-.1111233933067E-04	.3154967868770E-04	.5204247590790E-05
-.6380317844033E-05	.5878778778688E-05	.4268133162518E-05
.1377765420405E-03	-.7534285920771E-04	-.4322651718519E-04
-.7534285920771E-04	.1452110210257E-03	.5584831361698E-04
-.4322651718519E-04	.5584831361698E-04	.3449206071649E-04
.6271073835145E-04	-.2355756109599E-04	-.9340596084230E-05
-.1784753723453E-04	.4658519933408E-04	.1194478497333E-04
-.8294044836409E-05	.1171609966921E-04	.8231855259818E-05
.2862947684345E-03	-.1779702651442E-03	-.1130604169780E-03
-.1779702651442E-03	.3340746103780E-03	.1258453481871E-03
-.1130604169780E-03	.1258453481871E-03	.8261207998248E-04

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - ABUSALI, P.A.M., SCHUTZ, B.E., FLIEGEL H.. **Coordinate Reference Frame Compatibility Between VLBI/SLR System and WGS-84**. In: INTERNATIONAL GEODETIC SYMPOSIUM ON SATELLITE POSITIONING, 1989, Las Cruces. Anais...Las Cruces, NOAA.1989. v.1.p.153-163.
- 02 - ANDRADE, José Bittencourt de, **NAVSTAR-GPS**, Curitiba: Curso do Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR. 1983. 63 p.
- 03 - ANDRADE, José Bittencourt de. **Metodós de Posicionamento Geodésico com GPS**, In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 14. Gramado, 1989. Anais ... Gramado: SBC. 1989,p,195 -198
- 04 - ASHKENAZI, V., MOORE, T., FFELKES, Jones G., "et al". **High precision GPS Positioning By Fiducial Techniques**. In: INTERNATIONAL GEODETIC SYMPOSIUM ON SATELLITE POSITIONING, 1989, Las Cruces. Anais...Las Cruces, NOAA. 1989. v.1. p.195 - 202.
- 05 - BOUCHER, Claude, ALTAMINI, Zuheir. **The IERS Terrestrial Reference System**. Institut Geographique National, Sain Mande. 1992. 09 p.
- 06 - CAMPOS, M.A. **Controle da Rede Geodésica Brasileira por meio de satélites do Sistema NNSS**. Curitiba, 1987. Dissertação (Doutorado em Geodésia). Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR.
- 07 - ESTUPIÑÁN, F.C. **Algumas considerações sobre o Projeto Base Geodésica Sul Americana do Sistema de Posicionamento Global GPS**. Curitiba, 1992. Seminário do Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR
- 08 - FORTES L.P., ZEPEDA R.S.. **Rede Brasileira de Monitoramento contínuo do Sistema de Posicionamento Global GPS**. Departamento de Geodésia da diretoria de Geociências - IBGE, Rio de Janeiro, 1991. 09 p.
- 09 - GEMAEL, Camil, **Geodésia Celeste: Introdução**, Curitiba: Curso do Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR. 1975 v.2. "paginação irregular".

- 10 - GEMAEL, Camil, **Introdução a Geodésia Geométrica (1ª. parte)**. Curitiba: Curso do Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR. 1984 "paginação irregular".
- 11 - GEMAEL, Camil, **Introdução a Geodésia Física**. Curitiba: Curso do Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR. 1981 "paginação irregular".
- 12 - GEMAEL, Camil, **Introdução ao ajustamento de Observações**. Curitiba, 1994, Editora UFPR - Universidade Federal do Paraná.
- 13 - GEMAEL, Camil, **Referenciais Cartesianos utilizados em Geodésia**. Curitiba: Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR, 1981 "paginação irregular"
- 14 - GEOSPACE. **Geonap K. MS - DOS**. Gesellschaft für satellitengestützte geodästische und navigatorische Technologien mbH. Germany, 1994.
- 15 - GRIMM, Alice Marlene, **VLBI como instrumento da Geodésia e Geofísica**. Curitiba: 1982. 252 p. Dissertação (Mestrado em Geodésia) Curso do Pós - Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR.
- 16 - IBGE. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**, XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Salvador, Bahia, Julho 1995.
- 17 - RODRIGUES, Dalton. **Uma analise da Geometria oferecida pela constelação final do sistema GPS, para posicionamento por ponto**. Curitiba, 1989. Dissertação (Mestrado em Geodésia). Curso do Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR.
- 18 - RODRIGUEZ, R., BRUNNI C., USANDIVARAS J.C.. **GPS South American Net Project for Southern Cone**. Observatório Astronómico de La Plata, Vienna, 1991. 09 p
- 19 - SEEGER, Gunter. **The Global Positioning System and its use in Geodesy and Geodynamics**. Whuan China, s.n. 1986. "paginação irregular"
- 20 - SEEGER, Gunter. **Satellite Geodesy**. University of Hannover. Germany, 1993.

- 21 - SILVA, Antonio J. Prata A. **O uso do GPS nas medições Geodésicas de Curta Distância**. Curitiba 1990. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geodésia) Curso do Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR.
- 22 - SIRGAS, **Boletim informativo No 1**. IBGE, Rio de Janeiro, 1994 a.
- 23 - SIRGAS, **Boletim informativo No 2**. IBGE, Rio de Janeiro, 1994 b.
- 24 - SIRGAS, **Boletim informativo No 3**. IBGE, Rio de Janeiro, 1995.
- 25 - SIRGAS, **Boletim informativo No 4**. IBGE, Rio de Janeiro, 1996.
- 26 - TIERRA, A. R. **Comparação da precisão dos Métodos cinemáticos para distâncias menores a dez Quilômetros**. Curitiba, 1993. Dissertação (Mestrado em Geodésia) Curso de Pós Graduação em ciências Geodésicas/UFPR.
- 27 - WHITE, Haschal, L., DECKER, B. Louis, KUMAR, Muneendra. **World Geodetic System. 1984 - A modern and accurate global Reference Frame**. In: INTERNATIONAL GEODETIC SYMPOSIUM ON SATELLITE POSITIONING, 1989, Las Cruces. Anais...Las Cruces, NOAA. 1989. v.1. p.127 - 141.